

N6030620  
EP 11 647 81 fin  
4

PCT

世界知的所有権機関  
国際事務局  
特許協力条約に基づいて公開された国際出願



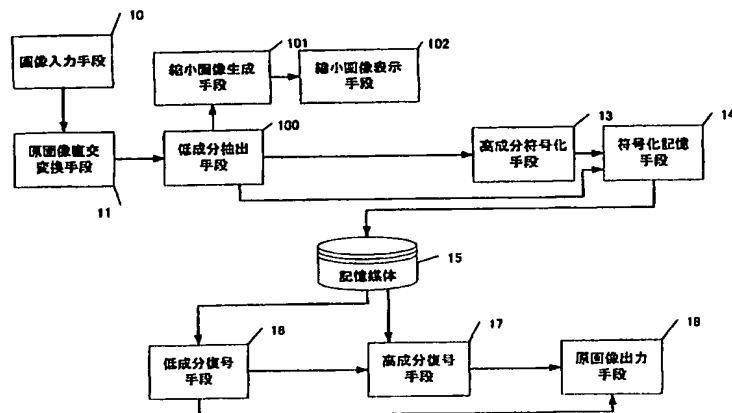
|   |  |                                    |
|---|--|------------------------------------|
| (51) 国際特許分類7<br>H04N 1/393, 1/41, G06T 3/40   | A1   | (11) 国際公開番号<br>WO00/56060          |
|   |  | (43) 国際公開日<br>2000年9月21日(21.09.00) |
| (21) 国際出願番号<br>PCT/JP00/01586   | (74) 代理人<br>福井豊明(FUKUI, Toyoaki)<br>〒540-0026 大阪府大阪市中央区内本町2丁目1番19号<br>内本町松屋ビル10 860号 福井特許事務所 Osaka, (JP) |                                    |
| (22) 国際出願日<br>2000年3月15日(15.03.00)  |  |                                    |
| (30) 優先権データ<br>特願平11/68151 1999年3月15日(15.03.99) JP<br>特願平11/104703 1999年4月13日(13.04.99) JP<br>特願平11/174990 1999年6月22日(22.06.99) JP  | (81) 指定国 US, 欧州特許 (DE, GB)<br>添付公開書類<br>国際調査報告書  |                                    |
| (71) 出願人 (米国を除くすべての指定国について)<br>松下電器産業株式会社<br>(MATSUSHITA ELECTRIC INDUSTRIAL CO., LTD.)<br>[JP/JP]<br>〒571-0050 大阪府門真市大字門真1006番地 Osaka, (JP)<br>(72) 発明者; および<br>(75) 発明者/出願人 (米国についてののみ)<br>渡辺辰巳(WATANABE, Tatsumi)[JP/JP]<br>〒619-0232 京都府相楽郡精華町桜ヶ丘3-32-8<br>エルミネンス桜ヶ丘101 Kyoto, (JP)<br>来原康浩(KUWAHARA, Yasuhiro)[JP/JP]<br>〒570-0003 大阪府守口市大日町3-32-11-603 Osaka, (JP)<br>小嶋章夫(KOJIMA, Akio)[JP/JP]<br>〒572-0039 大阪府寝屋川市池田3-9-7-205 Osaka, (JP) |  |                                    |

(54)Title: IMAGE PROCESSING DEVICE, IMAGE PROCESSING METHOD, AND RECORDED MEDIUM

(54)発明の名称 画像処理装置、画像処理方法及び記録媒体

(57) Abstract

An image processing device in which the storage size for image data inputted from a scanner or an electronic still camera or transmitted through communication means such as the Internet is small, and a clear magnified image can be outputted. To reduce the storage size for the image data, low-frequency components extracting means extracts the low-frequency component in the image data, and encodes the high-frequency component after finding information concerning the low-frequency component. To output a clear magnified image, magnified image frequency estimating means estimates the frequency components necessary for image-magnifying by edge extraction and by nonlinear interpolation. Image magnifying means estimates a magnified image by wavelet conversion.



- 10...IMAGE INPUT MEANS
- 11...ORIGINAL IMAGE ORTHOGONAL TRANSFORMING MEANS
- 101...DEMAGNIFIED IMAGE CRATING MEANS
- 102...DEMAGNIFIED IMAGE DISPLAY MEANS
- 100...LOW-FREQUENCY COMPONENT EXTRACTING MEANS
- 13...HIGH-FREQUENCY ENCODING MEANS
- 14...ENCODING STORAGE MEANS
- 15...STORAGE MEDIUM
- 16...LOW-FREQUENCY COMPONENT DECODING MEANS
- 17...HIGH-FREQUENCY COMPONENT DECODING MEANS
- 18...ORIGINAL IMAGE OUTPUT MEANS

BEST AVAILABLE COPY

(57)要約

本発明は、スキャナや電子スチルカメラ等で入力される、又はインターネット等の通信手段を介して伝送される画像データの記憶サイズを低減するとともに、拡大画像を鮮明に出力するための画像処理装置を提供することを目的とする。まず、画像データの記憶サイズの低減化のために、低成分抽出手段が画像データの低周波成分を抽出し、高周波成分についてはこの低周波成分との関連情報を求めて符号化する。次に、拡大画像を鮮明に出力するために、拡大画像周波数推定手段が画像拡大に必要な周波数成分をエッジ抽出と非線形補間法により推定する。また、画像拡大手段が、ウェーブレット変換により拡大画像を推定する。

PCTに基づいて公開される国際出願のパンフレット第一頁に掲載されたPCT加盟国を同定するために使用されるコード(参考情報)

|    |              |    |         |    |                |    |            |
|----|--------------|----|---------|----|----------------|----|------------|
| AE | アラブ首長国連邦     | DM | ドミニカ    | KZ | カザフスタン         | RU | ロシア        |
| AG | アンティグア・バーブーダ | DZ | アルジェリア  | LC | セントルシア         | SD | スーダン       |
| AL | アルバニア        | EE | エストニア   | LI | リヒテンシュタイン      | SE | スウェーデン     |
| AM | アルメニア        | ES | スペイン    | LK | スリ・ランカ         | SG | シンガポール     |
| AT | オーストリア       | FI | フィンランド  | LR | リベリア           | SI | スロヴェニア     |
| AU | オーストラリア      | FR | フランス    | LS | レソト            | SK | スロヴァキア     |
| AZ | アゼルバイジャン     | GA | ガボン     | LT | リトアニア          | SL | シエラ・レオネ    |
| BA | ボスニア・ヘルツェゴビナ | GB | 英国      | LU | ルクセンブルグ        | SN | セネガル       |
| BB | バルバドス        | GD | グレナダ    | LV | ラトヴィア          | SZ | スワジランド     |
| BE | ベルギー         | GE | グルジア    | MA | モロッコ           | TD | チャード       |
| BF | ブルキナ・ファソ     | GM | ガンビア    | MC | モナコ            | TG | トーゴ        |
| BG | ブルガリア        | GN | ギニア     | MD | モルドヴァ          | TJ | タジキスタン     |
| BJ | ベナン          | GR | ギリシャ    | MG | マダガスカル         | TM | トルクメニスタン   |
| BR | ブラジル         | GW | ギニア・ビサウ | MK | マケドニア旧ユーゴスラヴィア | TR | トルコ        |
| BY | ベラルーシ        | HR | クロアチア   | ML | マリ             | TT | トリニダード・トバゴ |
| CA | カナダ          | HU | ハンガリー   | MN | モンゴル           | TZ | タンザニア      |
| CF | 中央アフリカ       | ID | インドネシア  | MR | モーリタニア         | UA | ウクライナ      |
| CG | コンゴ          | IE | アイルランド  | MW | マラウイ           | UG | ウガンダ       |
| CH | スイス          | IL | イスラエル   | MX | メキシコ           | US | 米国         |
| CI | コートジボアール     | IN | インド     | MZ | モザンビーク         | UZ | ウズベキスタン    |
| CM | カメルーン        | IS | アイスランド  | NE | ニジェール          | VN | ヴェトナム      |
| CN | 中国           | IT | イタリア    | NL | オランダ           | YU | ユーゴスラヴィア   |
| CR | コスタ・リカ       | JP | 日本      | NO | ノルウェー          | ZA | 南アフリカ共和国   |
| CU | キューバ         | KE | ケニア     | NZ | ニュージーランド       | ZW | ジンバブエ      |
| CY | キプロス         | KG | キルギスタン  | PL | ポーランド          |    |            |
| CZ | チェコ          | KP | 北朝鮮     | PT | ポルトガル          |    |            |
| DE | ドイツ          | KR | 韓国      | RO | ルーマニア          |    |            |
| DK | デンマーク        |    |         |    |                |    |            |

## 明細書

## 画像処理装置、画像処理方法及び記録媒体

## 5 技術分野

本発明は、スキャナや電子スチルカメラ等で入力された画像データやインターネット等の通信手段を介して伝送される画像データの記憶サイズを低減するとともに、そのデータを鮮明に出力するための画像処理装置及び画像処理方法に関するものである。

10

## 背景技術

近年、技術の革新に伴い、銀塩フィルムに代わって磁気媒体やメモリ等の記憶媒体に画像を記憶する電子撮像装置が実用に供されるようになった。特に、CCD(Charge Coupled Devices) 撮像素子を利用して光の濃淡や色彩を読み取り  
15 半導体メモリ等に記憶する電子スチルカメラではその手軽さや低価格が引き金となって一般家庭における普及が進んでいる。またCCD 素子の解像度も100万画素から200万画素へと高解像化が進みつつある状況である。この場合、CCD における実効画素数によるが、大体1280画素×980画素程度の解像度能力は持っており、CCD 撮像素子により読み取られた画像データ容量は非常  
20 に大きなものとなるため、画像データの圧縮処理は必要であり、この圧縮処理としては、通常、カラー静止画像符号化標準方式(JPEG; Joint Photographic Coding Experts Group) が採用されている。このJPEGによる圧縮を行う従来の画像処理装置は図39のようなブロック図で表すことができる。

CCD 撮像素子等で構成される画像入力手段10で原画像が読み取られる。こ  
25 の原画像に対してJPEGによる非可逆圧縮が圧縮手段3900で実行される。すなわち、まずDCT(Discrete Cosine Transform) 変換手段3906で画

像に離散コサイン変換を行い周波数領域の信号に変換され、得られた変換係数は量子化手段 3907 で量子化テーブル 3901 を用いて量子化される。この量子化された結果は、エントロピー符号化手段 3908 においてエントロピー符号化テーブル 3902 をもとに符号列に変換され、この符号列が記憶媒体 15 に記憶される。この処理は原画像全ての圧縮処理が終わるまで行われる。なお、J P E G 圧縮には歪みなく復元することのできる可逆圧縮方式も提案されている。しかし圧縮の割合を示す圧縮率が小さいという理由から、通常は図 39 のような量子化処理による影響と D C T による丸め誤差の影響で、圧縮された画像が伸張しても元の原画像には正確に戻らない非可逆圧縮が用いられる。

10 この非可逆性に関しては上記 2 つの要因の内、特に量子化処理の影響が大きい。

ところで、電子スチルカメラ等の画像処理装置では、撮影した画像をその場でレビューしたりデータ編集するための検索等のために、液晶ディスプレイ等の表示装置を備えていることが一般的である。その際、レビュー用の表示装置の解像度に比べて、前述のように CCD の解像度は高く、記憶媒体 15 に記憶された圧縮画像データをこれらの表示装置に表示する場合には、この圧縮画像データを伸張した後、解像度変換のために画素の間引き処理が行われる。

15

まず、図 39 における伸張手段 3903 が記憶媒体 15 に記憶された圧縮画像データの伸張作業を行う。この過程はエントロピー復号化手段 3911 で量子化された変換係数に戻し、逆量子化手段 3910 で D C T 係数に戻される。

20

そして、この D C T 係数に I D C T (Inverse Discrete Cosine Transform) 変換手段 3909 において逆離散コサイン変換が実行され、元の画像データ空間の値に伸張される。この伸張された画像データは、図示しないマウス等の入力手段から入力されるユーザからの指示信号に応じて原画像出力手段 3912 よりプリンタや CRT 等に出力される。

25 一方、画素間引き手段 3904 では、伸長手段 3903 で伸張された全画像データから、レビュー表示する縮小表示手段での解像度に応じて画素の間引き

が行われ、この間引き画像が縮小画像表示手段 3 9 0 5 でレビュー表示されるのである。

ところで 2 0 0 万画素の CCD 素子を持つ電子スチルカメラを使って A4 程度の原稿を読むことを考えた場合、その焦点距離等により一該には言えないが、CC  
5 D 撮像素子の画素数のみから見積もと、上記電子スチルカメラは 1 0 0 (dots/inch) 程度の解像度能力しかないことがわかる。この解像度は、銀塩フィルムより得られる画像に比して遙に粗く、自然画像におけるエッジ情報や細部の鮮明度の描写に関してはまだ不十分である。このため、

電子スチルカメラで入力された画像を、レーザープリンタ、インクジェット  
10 プリンタ等の高解像度のプリンタに出力する際や、コンピュータに接続する高解像度ディスプレイに表示しデータ編集を行うためには、その低い解像度の画像データを高解像度のデータに変換してやる必要が生じる。また、近年インターネット等の通信手段を介した画像データの配信が盛んになっているが、通信速度や一度に送信できるデータ量の制限の点から、画像データを一度低解像度  
15 化して配信されることが多い。そのため、配信された画像データを受信側で表示すると細部が非常にぼやけた画像になりやすい。そこで、ユーザより、インターネット等で配信された低解像度画像を精度よく高解像度化する要望が大きくなっている。なお、高解像度変換と画像の拡大は同意義であるため、以下では精度良い画像拡大を行う従来方法について説明する。

20 従来の画像の拡大方法として大きく分けると、

(1) 単純に画素間を補間する方法

(2) 特開平 2 - 7 6 4 7 2 あるいは特開平 5 - 1 6 7 9 2 0 に記載されるように、FFT (高速フーリエ変換) や DCT 等の直交変換を用いて、実空間の画像データを、周波数空間の画像データに変換した後に拡大する方法

25 の 2 つを挙げることができる。

先ず、画素間を補間する上記 (1) の方法を実現するシステムの従来例とし

ては図 4 2 に示すようなブロック図を挙げることができる。画像入力手段 1 0 で得られた原画像に対して、各画素間に次の〔数式 1〕に従い画素を線形補間するのである。〔数式 1〕において、Daは図 4 3 のA 点の画素データを、Dbは B 点の画素データを、DcはC 点の画素データを、DdはD 点の画素データを表す。

- 5 Deが求める補間点E の画素データである。

〔数式 1〕

$$De = (1 - \mu) \times (1 - \nu) \times Da + \mu \times (1 - \nu) \times Db \\ + (1 - \mu) \times \nu \times Dc + \mu \times \nu \times Dd$$

- 10 この場合、補間画像は平均化されたものとなりやすくエッジ等が不鮮明になりやすいので、元の原画像より抽出されたエッジ情報を使った補間画素位置や補間データの調整処理が行われることがある。図 4 2 においては、エッジ抽出手段 4 6 0 0 でエッジ情報が抽出された後、エッジ補間手段 4 2 0 1 で所望の拡大率に合わせて拡大エッジを求める。そして、この拡大エッジ情報と画素間
- 15 補間手段 1 1 0 0 による原画像の補間拡大画像の結果を掛け合わせることで、所望の拡大画像を生成し推定拡大画像出力手段 5 0 1 で出力するようになっている。この他にも、最も近いサンプルの値を補間値とするニアレストネイバー法 (nearest neighbor method) 等の補間方法がある。

- しかし、上記の補間方法において、線形補間法は通過帯域の周波数特性が抑
- 20 制されるために、低域通過フィルタ (ローパスフィルタ; LPF) をかけたような作用を受けてスムージングされ、画像の鮮明さや細部の表現に不足したぼけ画像となりやすいという欠点がある。また、ニアレストネイバー法は高周波の漏れが多いために歪みを起こしやすく、その歪みがモザイクやエッジ部のジャギーとして現れる欠点がある。

- 25 そこで、上記問題を解決する方法として、上記空間周波数を用いる (2) の方法が提案されている。これらの方法の意図するところは、サンプリング時に

失われた高周波成分を復元し、画像の細部情報やエッジ情報を推定し復元することで拡大画像の高画質化を図るものである。

- 図 4 0 は上記空間周波数を用いる (2) の方法を実現するシステムの従来例を示すブロック図であり、図 4 1 は処理工程を模式的に表した図である。まず、
- 5 図 4 1 (a) に示すような実空間の原画像 ( $n \times n$  画素) を図 4 0 の原画像直交変換手段 1 1 により、図 4 1 (b) に示すような周波数空間の画像 ( $n \times n$  画素) に直交変換する。この際、この周波数空間の画像データは  $n \times n$  の行列で表され、この周波数変換後の行列は、図面上左上部に行くほど低周波成分となり、また、矢印に沿って右方向及び下方向に行くに従い、高周波成分となる。
- 10 次に "0" 成分埋め込み手段 4 0 0 0 において、このように周波数空間の画像に変換された領域を  $s$  倍した領域 (図 4 1 (c) に示す  $s n \times s n$  の領域) が用意され、 $s n \times s n$  の領域における低周波成分の領域部分には、上記直交変換により得られた図 4 1 (b) で示される  $n \times n$  の周波数領域をコピーし、残りの高周波成分の領域部分には "0" が補間される。最後に逆直交変換手段 4 0 0 1 に
- 15 においてこの  $s n \times s n$  の周波数領域を逆直交変換することにより、図 4 1 (d) に示すように  $s$  倍された実空間の画像データが得られ、図 4 0 の推定拡大画像出力手段 4 0 0 2 で推定された拡大画像が出力されるのである。

- このように高周波成分に "0" を補間する方法以外に、例えば特開平 6 - 5 4 1 7 2 のように画像データを直交変換を用いて正変換とその逆変換を繰り返す過程 (Gerchberg-Papoulis 反復による方法) で、高周波成分の復元を行う方法も提案されている。また、特開平 8 - 2 9 4 0 0 1 のように、原画像の直交変換成分を低周波領域に埋め込み、高周波領域は予め準備された予測ルールに基づいて得られる周波数情報を埋める方法も提案されている。

- しかし、従来の電子スチルカメラ等の画像処理装置では、1 度圧縮され記憶
- 25 された画像データをもう 1 度伸張してやる必要があり、しかも圧縮方法として量子化処理を伴う非可逆圧縮方法を用いるため、一般に元の原画像には戻るこ

とがなく、ノイズや色ずれを多少生じることがあった。

また、レビュー用に表示される縮小画像（以下、サムネイル画像と呼ぶ）生成に必要な解像度変換時における間引き処理により色ずれやモアレを生じてしまうという欠点があり、そのためにメジアンフィルタや平均値フィルタによる  
5 平滑化処理が不可欠であった。ところが上記メジアンフィルタや平均値フィルタを用いると、サムネイル画像の鮮明さが失われたり、これらの平滑化処理に非常に時間がかかってしまうというような別の問題点が指摘されていた。

さらに電子スチルカメラによる低解像度の画像をプリントしたりディスプレイに表示したりする際に必要とされる従来の画像拡大においては、次のような  
10 問題点があった。

まず、単純に画素間を補間する上記（１）の方法の場合には、このような低解像度のデバイスで自然画像を取った場合、その被写体の持つカラーバランスによっては、得られた原画像からの図４２に示すシステムにおけるエッジ抽出が精度良く行われなことが多く、その結果、画素補間された位置やその補間  
15 データの調整がうまくできないという問題があった。これを避けるために、できた拡大画像にエッジ強調フィルタによる処理を複数繰り返すことが行われたが、従来のエッジ強調フィルタ処理の場合、適正なフィルタを選ばないと、その繰り返し回数は非常に大きくなったり、全くエッジ強調がされない等の欠点があった。

20 一方、高周波領域に”０”を埋め込めて拡大する上記（２）の方法の場合には、線形補間法やニアレストネイバー法のような画素間の補間方法に比べれば良好な拡大画像を得ることができるものの、サンプリング時に削除された高周波成分の復元がされていないため、やはり十分に鮮明な画像が得られないという問題があった。

25 また、画像を直交変換を用いて正変換と逆変換を繰り返す過程で、高周波成分を復元する方法は、正変換と逆変換を繰り返すために演算処理が多くなり、



処理速度において問題がある。直交変換、逆直交変換の演算量は、拡大率 $s$ が大きくない場合にはあまり問題がないが、拡大率 $s$ が大きいと正変換の演算量に対し逆変換の演算量が $s \times n$ にほぼ比例して増えることとなる。特に、実際に行われる2次元ブロックに対する処理においてはその演算量は $s \times n$ の3乗にほぼ比例して増える。特に、カラー画像の拡大ともなると、複数カラー成分に対して拡大処理が必要となり、さらに処理時間がかかる。また、拡大処理の対象となる画像が低解像度の場合には、高周波成分の復元が十分には行われな

5 いという問題点があった。

特開平8-294001の場合は、これらの問題点を考慮した方法であり、

10 処理時間や高周波成分の復元に工夫がなされている。この方法は、原画像の高周波領域に予め準備された予測ルールに基づいて得られる周波数情報を埋めるものである。従って、予め大多数の画像をもとに高周波数成分とその他の領域との間のルール作りを行うことが必要となり、適切なルールベース作成に手間がかかる上、それが適切なルールとして作成できなければ十分な効果を発揮で

15 きない心配がある。

さらに、一般に画像のサイズは任意であり、そして直交変換にかかるサイズが大きくなればなるほど処理時間が長くなる。このため、一般には特定のサイズの画像全体に対して1度に直交変換を掛けることはせず、4画素から16画素程度のブロックサイズで直交変換が行われる。その際、出来上がった拡大画

20 像のブロック間の不連続性（ブロック歪み）が境界部分に生じる問題点もあった。

#### 発明の開示

本発明は以上のような事情に鑑みてなされたものであり、画像データの記憶

25 サイズの低減化ができ、且つ、鮮明で高品質な画像拡大が実現可能な、画像処理装置及び画像処理方法を提供することを目的とする。

上記の目的を達成するために、本発明では以下の手段を採用している。

第1に、画像データの記憶サイズの低減化のため、図1に示すように、画像  
入力手段10より得られる原画像に、原画像直交変換手段11で直交変換を施  
して原画像周波数成分を生成し、低成分抽出手段100で、該原画像周波数成  
5 分より、低周波成分を抽出する。次いで、高成分符号化手段13で、上記低周  
波成分と、上記原画像周波数成分の残りの高周波成分との関連情報を求め、こ  
れを符号化するとともに、符号合成手段14で上記低周波成分と上記関連情報  
とを合成して簡易画像データを生成するようになっている。

上記のように生成された簡易画像データは、低成分復号手段16によって低  
10 周波成分を抽出するとともに、高成分復号手段17によって上記関連情報を取  
り出し、上記低周波成分に基づいて高周波成分を復号し、原画像出力手段18  
によって、上記低周波成分と高周波成分を結合して逆直交変換を施して原画像  
を復元するようになっている。

これによって、原画像の画像データよりサイズの小さい簡易画像データを扱  
15 うことができるとともに、原画像に近い画質の復元画像を得ることができるこ  
とになる。

上記簡易画像データは直接、パソコン等の画像を復元できる手段に入力して  
処理をすることも可能であるが、一旦記憶媒体15に記憶させることも可能で  
ある。また、上記簡易画像データにおいて、上記低周波成分のデータ量を図3  
20 に示すように低成分圧縮手段300で更に圧縮することも可能であるが、この  
場合可逆性を持った圧縮方法を用いるのが好ましい。

上記低周波成分として、縮小画像生成手段101で規定される縮小サイズ  
(例えばプレビューのサイズ)に応じた周波数を用い、該低周波成分の画像デ  
ータに、逆直交変換を行うことで縮小画像を生成することができる。

25 また、本発明は、特定の画像を所望のサイズに拡大する際に、図5に示すよ  
うに不足成分推定手段500が、不足する高周波成分を上記画像の周波数成分

を基に推定し、拡大画像出力手段 5 0 1 によって、上記特定の画像の周波数成分と、上記不足成分推定手段により得られた上記高周波成分を結合し、逆直交変換を施すことで所望のサイズに拡大した画像を出力するようになっている。

更に、本発明は図 7 に示すように、画像入力手段 1 0 より入力される原画像  
5 を加工する画像処理装置において、原画像直交変換手段 1 1 で、上記画像データに直交変換を施して原画像周波数成分を生成するとともに、該原画像周波数成分より拡大周波数推定手段 8 0 0 により、原画像を所望の拡大率に応じて拡大した際の周波数成分を推定する。上記のようにして得られた原画像周波数成分と推定拡大画像の周波数成分に基づいて、基本成分抽出手段 8 0 0 が予めサ  
10 イズを指定された基本画像を復元するのに必要となる周波数成分を基本成分として抽出し、多重画像符号化手段 8 0 2 で、上記基本成分と推定拡大画像の周波数成分との関連情報を求め、これを符号化する。このようにして得られた基本成分と上記関連情報とを多重符号合成手段 8 0 3 で合成し、多重簡易画像データを生成するようにする。

15 これによって、画像データを符号化する側で複数のサイズに対応する多重簡易画像データを生成することが可能となる。

このようにして生成された多重簡易画像データより、基本成分と関連情報を抽出し、この両者に基づいて画像を復元できることになる。

上記多重簡易画像データにおいても、上記基本成分のデータ量を圧縮することによって、更に、データサイズを小さくすることができることになる。  
20

第 2 に、鮮明で高品質な画像拡大を実現するために、図 1 0 に示すように、画像入力手段 1 0 より入力される画像データを画素間補間手段 1 1 0 0 が所望の拡大率に応じて画素間補間する。これにより得られた補間拡大画像はエッジ部分が不鮮明になるが、該補間拡大画像に対して畳み込み手段 1 1 0 1 がエッジ部分  
25 を強調する畳み込み計算を行うことで、処理時間のかかる周波数変換を経ずに鮮明なエッジを持つ拡大画像を生成する。

第3に、同じく、鮮明で高品質な画像拡大を実現するために、図12に示すように、上記原画像直交変換手段11で得られた原画像の周波数成分に基づいて、拡大周波数推定手段120Aが拡大画像の周波数成分を推定する。そして上記拡大周波数推定手段120Aで生成された上記周波数成分に、逆直交変換手段1213がその拡大サイズに対応する逆直交変換を施して拡大画像データを  
5 得る。

上記拡大周波数推定手段120Aにおける上記周波数成分の推定は、線形近似若しくはラジアル基底関数ネットワークを用いて行われる。また、原画像から、高周波成分を多く含むとされているエッジ画像を取り出し、その線形変換  
10 により得られた拡大エッジ画像から直交変換を使って、拡大された画像の高周波数成分を推定する方法も採られる。

更に、取り出された上記エッジ画像の周波数成分に基づいて、その拡大エッジ画像の持つ周波数成分を、上記線形近似もしくはラジアル基底関数ネットワークを使って精度良く推定する方法も採用される。

次に、図23に示すように、上記の直交変換にかかる処理時間を考慮して、ブロック分割手段2300が入力画像データを複数のブロックに分割し、拡大ブロック周波数推定手段2302が各ブロック毎に拡大画像ブロックの周波数成分の推定を行うようにする。その際、図24に示すように、隣り合うブロック間に重なりを持たせ、拡大後のブロック画像において重なりのある部分につ  
20 いては、後で生成された拡大ブロックを採用することでブロック間の歪みを低減する。

更に、原画像に対して、各ブロック毎に予め設定された変換関数による処理を行い、ブロック分割によるブロック境界での画像の不連続性を低減させる。

また、原画像がカラー画像である場合には、図28に示すように、入力されたカラー画像を構成するカラー成分の中から、基準成分選択手段2800が基準とするカラー成分を決定し、その基準カラー成分に対する拡大画像生成する。  
25

そして、残りのカラー成分に対しては、基準カラー成分の拡大画像にカラー原画像から変換比率導出手段 2801 が導出した変換比率を用いて、不足成分拡大手段 2805 が線形変換で推定することで、カラー画像データの拡大画像データ生成における処理の効率化を図る。

- 5      第 4 に、同じく、鮮明で高品質な画像拡大を実現するために、ウェーブレット変換における多重解像度解析を利用する。

このために、図 29 に示すように、 $n$  画素  $\times$   $m$  画素の原画像を拡大処理して  $L_n$  画素  $\times$   $L_m$  画素の拡大画像を得る場合に、入力画像調整手段 12 が上記原画像データを  $L_n/2$  画素  $\times$   $L_m/2$  画素に補間又は間引き（以下まとめて「調整」とい

- 10      う）する。そして、上記入力画像調整手段により調整された画像に画像拡大手段 290A がウェーブレット変換に基づく方法を適用して拡大画像を生成する。

- 上記の拡大処理は、具体的には、求める拡大画像の画素数に応じて調整された画像と、その垂直方向のエッジ画像、水平方向のエッジ画像、及び斜め方向のエッジ画像を、ウェーブレット変換画像を構成する 4 つのサブバンド画像と  
15      見なす。そして、このサブバンド画像に対して逆ウェーブレット変換を行うことにより、所望とする画素サイズの拡大画像を求めるものである。

- また、上記の拡大処理において、原画像データをウェーブレット変換した変換画像データの、低周波域にある  $1/4$  サイズの縮小画像より得られる 3 つのエッジ画像と、変換画像データ内の残りの 3 つのサブバンド画像間の関連を求  
20      める。ここで、その関連情報を使って、求める拡大画像の画素数に応じて調整された画像の垂直方向エッジ画像、水平方向エッジ画像、斜め方向エッジ画像の各々を補正する。

- そして、調整された画像と補正された 3 つのエッジ画像を上記変換画像データを構成する 4 つのサブバンド画像と見なし、このサブバンド画像に対して逆  
25      ウェーブレット変換を行うことにより、所望とする画素サイズの拡大画像を求める。

更に、上記の拡大処理において、上記変換画像データの低周波域にある1/4サイズ縮小画像データより得られる1つの平均的なエッジ画像データと、変換画像データ内の残りの3つのサブバンド画像データ間の関連を求める。ここで、この関連情報を使って、求める拡大画像データの画素数に応じて調整された画像から得られる1つの平均的なエッジ画像を補正する。

そして、調整された画像データと補正により得られた3つの画像データを上記変換画像データを構成する4つのサブバンド画像と見なし逆ウェーブレット変換を行うことにより、所望とする画素サイズの拡大画像を求める。

また、図37に示すように、拡大処理初期化手段3700が拡大対象画像として原画像を設定し、対象画像拡大手段3701が上記拡大対象画像にウェーブレット変換に基づく方法を適用することにより、4倍の画素数を持つ拡大画像を生成する。そして、多重処理判定手段3703がこの対象画像拡大手段3701により得られた拡大画像を拡大対象画像として設定し、対象画像拡大手段に処理を戻す。拡大画像提示手段3702は上記対象画像拡大手段C1301により得られた拡大画像を視覚的に提示する。更に、画像微調整手段3704が上記拡大画像提示手段3702により提示された拡大画像に対し、拡大処理または縮小処理を行う。

これは具体的には、拡大したい画像サイズが取り合えず不明の場合に上記のウェーブレット変換を用いた拡大方式を適用したものであり、逆ウェーブレット変換で得られた拡大画像を次の対象画像として、順次逆ウェーブレット変換を行うことにより4倍の画素数を持つ画像への拡大処理を繰り返す。そして、視覚的に所望の拡大率になった時点で作業を止めることで、入力された原画像の拡大作業を行うものである。

また、原画像がカラー画像の場合には、上記ウェーブレット変換を用いた拡大方式においても、上記カラー画像を構成するカラー成分の中、基本とするカラー成分を決定し、その基本カラー成分に対する拡大画像を生成する。そして

残りのカラー成分は、基本カラー成分の拡大画像に変換比率による線形変換を行った推定により求めることで、カラー画像の拡大画像生成における処理を効率化する。

#### 図面の簡単な説明

5 図 1 は、本発明の第 1、第 2 及び第 3 の実施の形態の構成を示すブロック図である。

図 2 は、本発明の第 1 の実施の形態の処理工程を表す模式図である。

図 3 は、本発明の第 4 の実施の形態である画像処理装置を含む概略構成図である。

10 図 4 は、本発明の第 4 の実施の形態に使用する空間予測圧縮の手順を示す模式図である。

図 5 は、本発明の第 5 の実施の形態である画像処理装置を含む概略構成図である。

15 図 6 は、本発明の第 5 の実施の形態に使用する不足成分推定手段の手順の模式図

図 7 は、本発明の第 6、第 7 及び第 8 の実施の形態の構成を表すブロック図である。

図 8 は、本発明の第 6 の実施の形態に使用する基本成分抽出手段と多重符号化手段の処理工程を表す模式図である。

20 図 9 は、本発明の第 9 の実施の形態である画像処理装置を含む概略構成図である。

図 10 は、本発明の第 10 の実施の形態の構成を表すブロック図である。

図 11 は 本発明の第 10 の実施の形態である画像処理装置の処理工程を表す模式図である。

25 図 12 は、本発明の実施例 11 の画像処理装置の構成を表すブロック図である。

図 1 3 は、本発明の実施例 1 1 の画像処理装置の処理の工程を模式的に表す図である。

図 1 4 は、ラジアル基底関数ネットワークの概略図である。

図 1 5 は、本発明の実施例 1 1 の画像処理装置での原画像と拡大画像の間の  
5 関連を模式的に表す図である。

図 1 6 は、本発明の実施例 1 2 の画像処理装置の構成を表すブロック図である。

図 1 7 は、本発明の実施例 1 2 の画像処理装置の処理工程を模式的に表す図である。

10 図 1 8 は、ラプラシアンフィルタの例を表す図である。

図 1 9 は、本発明の実施例 1 3 の画像処理装置の構成を表すブロック図である。

図 2 0 は、本発明の実施例 1 3 の画像処理装置の処理工程を模式的に表す図である。

15 図 2 1 は、本発明の実施例 1 3 の画像処理装置のエッジ周波数推定手段で線形近似を用いた場合の処理を模式的に表す図である。

図 2 2 は、拡大されたブロック間の歪みを模式的に表す図である。

図 2 3 は、本発明の実施例 1 4 の画像処理装置の構成を表すブロック図である。

20 図 2 4 は、本発明の実施例 1 4 の画像処理装置の処理工程を表す図である。

図 2 5 は、本発明の実施例 1 5 の画像処理装置の構成を表すブロック図である。

図 2 6 は、本発明の実施例 1 5 の画像処理装置の処理工程を説明する図である。

25 図 2 7 は、本発明の実施例 1 5 の画像処理装置のブロック内データ変換手段での処理を表す図である。



図 28 は、本発明の実施例 16 の画像処理装置の構成を表すブロック図である。

図 29 は、本発明の実施例 17 の画像処理装置の構成を表すブロック図である。

5 図 30 は、ウェーブレット変換におけるフィルタ処理過程を表す図である。

図 31 は、変換画像におけるサブバンド成分を模式的に説明する図である。

図 32 は、変換画像における不足サブバンド成分の推定を模式的に表す図である。

10 図 33 は、垂直方向、水平方向、斜め方向エッジ検出に適用されるフィルタの一例である。

図 34 は、本発明の実施例 18 の画像処理装置を構成する画像拡大手段の構成を表すブロック図である。

図 35 は、変換画像における不足サブバンド成分の推定と補正を模式的に表す図である。

15 図 36 は、本発明の実施例 19 の画像処理装置を構成する画像拡大手段の構成を表すブロック図である。

図 37 は、本発明の実施例 20 の画像処理装置の構成を表すブロック図である。

20 図 38 は、本発明の実施例 21 の画像処理装置の構成を表すブロック図である。

図 39 は、従来の電子スチルカメラの構成を表すブロック図である。

図 40 は、従来の周波数領域に変換して拡大する画像拡大装置の構成を表すブロック図である。

図 41 は、従来の周波数領域に変換して拡大する例を示す説明図である。

25 図 42 は、従来の画素補間により拡大する画像拡大装置の構成を表すブロック図である。

図 4 3 は、従来の画素間補間を表す模式図である。

発明を実施するための最良の形態

(実施例 1)

5 以下、本発明の実施例について図面を参照しながら説明する。

なお、これ以降で、座標値の単位は全て画素間の距離単位と同じとする。また、以下において、原画像がスキャナーや電子スチルカメラ等により取り込まれた画像である場合を例として説明するが、必ずしもその必要はなく、磁気ディスク等に保持されている特定の画像等、あるいはインターネット等の通信手段を介して伝送される画像等であってもよい。

まず、本発明の実施例 1 の画像処理装置について説明する。

図 1 において、CCD 撮像素子などの画像入力手段 1 0 で得られた  $N$  画素  $\times N$  画素のサイズを持つ原画像は、原画像直交変換手段 1 1 で周波数空間における成分データ（周波数成分データ）に変換される。この際、直交変換が使用され、その変換方式としては、アダマール変換や高速フーリエ変換 (FFT; Fast Fourier Transform)、離散コサイン変換 (DCT; Discrete Cosine Transform)、スラント変換、ハール変換等が挙げられるが、ここでは、DCT を使用することとする。しかし、本発明はこの変換方式に限ったものではなく、他の直交変換を使用した場合にも成立するものである。

更に、ここで用いるのは DCT の内、特に画像を扱うため 2 次元 DCT になるが、その変換式は〔数式 2〕のようになる。

〔数式 2〕

$$\begin{aligned}
 F(u, v) &= 2c(u)c(v) / \sqrt{K\_x K\_y} \\
 &\times \sum_{x=0}^{K\_x-1} \sum_{y=0}^{K\_y-1} [D(x, y) \cos((2x+1)u\pi / 2K\_x) \cos((2y+1)v\pi / 2K\_y)] \\
 &\{0 \leq u \leq K\_x-1, \quad 0 \leq v \leq K\_y-1\} \\
 c(0) &= 1/\sqrt{2} \\
 c(K) &= 1 \quad (K \neq 0)
 \end{aligned}$$

ここで、 $F(u, v)$ が成分位置 $(u, v)$ におけるDCT成分であり、 $D(x, y)$ は画素位置 $(x, y)$ における画像データを表す。また、 $K\_x$ は $x$ 方向の画素数を、 $K\_y$ は $y$ 方向の画素数を表すが、ここでは $N \times N$ の正方形画像を対象として

5 いるので、 $K\_x = K\_y = N$ となる。

低成分抽出手段100では、図2(b)に示すように原画像の周波数成分データの低周波成分を抽出する。

高成分符号化手段13では、図2(b)の原画像の周波数成分から低周波成分(c)の分を除いたときに残る、高周波成分領域(e)の符号化を行う。こ

10 こでは、図2(e)に示すように例えば、上記低周波成分の領域をH1からH5の小ブロックに分割する。同様に図2(f)に示すように、低周波成分(c)の領域もL1からL4のブロックに分割する。そして、上記高周波成分(e)の各ブロックH1からH5の各ブロック内の周波数成分と低周波成分(f)の各ブロックL1からL4とを相互に関連づけるようにする。例えば、〔数式3〕のようにある

15 定数係数を乗算した1次式の形でも良いし、各ブロックL1からL4の周波数成分を変数に持つある多次元関数 $\Psi(L1, L2, L3, L4)$ で各ブロックH1からH5内の周波数成分を近似しても良い。

〔数式3〕

$$H1 = \alpha \cdot L2$$

$$H2 = L4$$

$$H3 = \beta \cdot L3$$

$$H4 = L3$$

$$H5 = \gamma \cdot L2$$

また、各ブロック内においても一律の係数を持たせる必要はなく、各ブロック  
H1からH5に対し係数マトリックスM \_\_C1からM \_\_C5を用意し、それとL1からL4  
5 のブロック内の周波数データより構成され低周波成分マトリックスM \_\_L1から  
M \_\_L4を使ってH1からH5のブロック内の周波数データより構成され高周波成分  
マトリックスM \_\_H1からM \_\_H5を表現することも考えられる。いずれの手段で  
も、図2(c)の低周波成分データを使って、画像の鮮明さやエッジ情報を表  
す残りの図2(e)の高周波成分を精度良くかつルール化することで、高周波  
10 成分のデータ容量を削減できる。

符号化記憶手段14は、高成分符号化手段13で得られたルール記述、もし  
くは該高成分符号化手段13で用いた近似式の係数等のデータより得られる、  
上記低周波成分と高周波成分の関連情報の符号列と、低周波成分抽出手段10  
0より得られる原画像の低周波成分データを合成し、簡易画像データとして記  
15 憶媒体15に記憶する処理を行う。なお、次に読み出して復元する処理のため  
に、記憶媒体15内にテーブルを設け、記憶した画像データ数、各画像データ  
のサイズ、記憶された各データにおける低周波成分データの占める割合や高周  
波成分を表す符号の占める割合等の情報を記述することで、各データの抽出が  
効率的になる。

20

#### (実施例2)

次に、本発明の実施例2の画像処理装置について説明する。

図1において、画像入力手段10及び原画像直交変換手段11の行う処理は

実施例 1 の画像処理装置と同様なので説明を省略する。低成分抽出手段 1 0 0 は、サムネイル画像を表示する縮小画像表示手段 1 0 2 の画素数に応じた低周波成分を抽出し、縮小画像生成手段 1 0 1 で該低周波成分に逆直交変換を施し、サムネイル画像を上記縮小画像表示手段に表示する。

5

(実施例 3)

次に、本発明の実施例 3 の画像処理装置について説明する。

図 1 において、ユーザは本発明の実施例 1 の画像処理装置により記憶媒体 1 5 に記憶された簡易画像データの中から、高解像度のレーザプリンタやインク  
10 ジェットプリンタへ出力したり、CRT 上で編集を行う所望の画像を取り出すために、図示しないキーボード、マウス等の入力手段より指示信号を与える。この指示信号をもとに、まず低成分復号手段 1 6 が記憶媒体 1 5 より、中心となる低周波成分を取り出す。そして、高分成分復号手段 1 7 が該低成分復号手段 1 6 で得られた低周波成分と、記憶媒体 1 5 内の該低周波成分と高周波成分との  
15 関連情報より高周波成分を復号する。そして、原画像出力手段 1 8 が、この低周波成分データと高周波成分データを結合し、対応する画像サイズの逆直交変換を行うことで、CRT への表示やプリンタへの出力等、他の画像処理装置で扱われるデータとして出力する。

記憶媒体 1 5 に記憶されている画像データは、符号化するとき量子化処理  
20 を受けていないために、以上の方法により従来より鮮明な原画像を得ることができる。

(実施例 4)

次に、本発明の実施例 4 の画像処理装置について説明する。

25 図 3 において、原画像直交変換手段 1 1、低成分抽出手段 1 0 0、高分成分符号化手段 1 3、符号合成手段 1 4 及び記憶媒体 1 5 の行う処理は実施例 1 の画

像処理装置と同様なので説明を省略する。低成分抽出手段 100 で得られた原画像の低周波数成分データの容量がそれ自身大きなサイズを占めることや、記憶媒体の容量サイズによる制限等を考慮して該低周波成分データを低成分圧縮手段 300 により圧縮する。

5      上記低成分圧縮手段 300 の処理方式としては、J P E G における空間的予測 (Spatial) 方式と呼ばれる、通常の D C T と量子化、エントロピー符号化を用いた圧縮処理 (ベースライン方式とも呼ぶ) に代わって、差分符号化 (Differential PCM ; DPCM) とエントロピー符号化を使用したものであり、圧縮、伸張によってひずみが生じない可逆方式を用いるのが好ましい。

10      この方式では、隣接する濃度値を用いて予測器によって予測値を計算し、符号化する濃度値からその予測値を減ずるものであり、この予測器には〔数式 4〕に示すように、例えば 7 種類の関係式が用意されている。

〔数式 4〕

$$dDx = D1$$

$$dDx = D2$$

$$dDx = D3$$

15       $dDx = D3 + (D2 - D1)$

$$dDx = D3 + (D2 - D1) / 2$$

$$dDx = D2 + (D3 - D1) / 2$$

$$dDx = (D2 + D3) / 2$$

図 4 (a) に示すように、符号化すべき濃度値を Dx とし、それに隣接する 3 つの濃度値を D1, D2, D3 とする。このとき、これら 3 つの濃度値より計算される予測値 dDx は、〔数式 4〕で定義され、いずれの式を使ったかは圧縮された画像データのヘッダー情報に記載される。符号化処理では図 4 (b) に示すように、1 つの予測式が選択され、Ex が計算され、この Ex をエントロピー符号化する。このような予測誤差の符号化により、上記低周波成分を可逆的に圧縮する

20

ことが可能となる。

低成分圧縮手段 300 により圧縮された上記低周波成分データを基に、高成分符号化手段 13 は残りの高周波成分を第一の実施例と同様に〔数式 3〕に示すような方法などでルール化する。

- 5      符号合成手段 14 は圧縮された上記低周波成分データと、高成分符号化手段 13 で得られたルール記述、もしくは該高成分符号化手段 13 で用いた近似式の係数等のデータより得られる、上記低周波成分と高周波成分の関連情報の符号列とを合成し、簡易画像データとして記憶媒体 15 に記憶する処理を行う。

- 本実施例のようにすることで、第 1 の装置のデータ容量で最もサイズの大きな部分を占められると思われる低周波成分を  $1/2$  から  $1/4$  のデータ量に圧縮  
10      することが可能となる。また、この圧縮に可逆な方法を用いることで原画像の持つ周波数成分を損なうことなく記憶することが可能となる。

- なお、ここでは上記低周波成分データは画像の細部の鮮明さを表す高周波成分を復元するための基準画像であることから、できるだけ鮮明でエッジの明瞭  
15      な画像出力を実現するために原画像の低周波数成分に可逆な圧縮方法を適用したが、ここに通常の J P E G のベースライン方式を適用することも可能である。この場合は非可逆圧縮であるので画像の鮮明さは失われるが、データ量はおよそ  $1/10$  から  $1/20$  に圧縮されるので、記憶メディアにおいて保持される読み取り画像容量をできるだけ小さくして多くの画像データを記憶したりする  
20      ような場合に取り得る方法である。

- また本実施例及び上記実施例 1 の画像処理装置における高成分符号化手段 13 により得られる低周波成分と高周波成分の関連情報、並びに、後述する実施例 6 及び実施例 9 の画像処理装置における多重符号化手段 802 により得られる基本成分と各拡大画像の高周波成分の関連情報についても、上記 Spatial  
25      方式等の可逆の圧縮方式で圧縮することが可能である。

## (実施例 5)

次に本発明の実施例 5 の画像処理装置について説明する。

図 5 において、記憶媒体 15、低成分復号手段 16 及び高成分復号手段 17 までの処理は、上記実施例 3 と同様なので説明を省略する。

- 5     不足成分推定手段 500 は、読み取られた原画像を高解像度の CRT 等に表示する場合において、所望の画素サイズに拡大した際に不足する高周波成分データを推定する機能を備える。拡大画像出力手段 501 は不足成分推定手段 500 で推定された上記不足高周波成分と、低成分復号手段 16 及び高成分復号手段 17 で記憶媒体 15 に収納された符号化された画像データより復号された原  
10    画像の周波数成分を結合し、拡大サイズに対応する逆直交変換手段を行うことで読み取られた原画像の拡大画像を生成する。

- 不足成分推定手段 500 及び拡大画像出力手段 501 では、図 6 に示すように処理が行われる。まず図 6 (a) に示す N 画素×N 画素のサイズを持つ原画像を直交変換して得られる図 6 (b) に示すような周波数成分データを、所  
15    望の拡大サイズ (sN 画素×sN 画素) に対応する係数サイズを持つ拡大画像の周波数成分の低域に埋め込む (図 6 (c))。そして、この際に生じる不足成分 H1 から H3 を図 6 (b) に示す原画像の周波数成分より推定するのである。その推定方法には、例えば、

- (1) ラジアル基底関数ネットワーク (Radial Base Function Network; RBF  
20    N) の非線形近似能力を適用する方法

(2) 原画像のエッジ画像の周波数成分より、その拡大エッジ画像の持つ周波数成分を線形近似もしくはラジアル基底関数ネットワークを使って精度良く推定することで、原画像で削除されていた拡大画像の高周波成分を推定する方法

- (3) 特開平 8-294001 のように、原画像の直交変換成分を低周波領域  
25    に埋め込み、高周波領域は予め準備された予測ルールに基づいて得られる周波数情報を埋める方法



(4) 特開平 6-54172 のように画像信号を直交変換を用いて正変換とその逆変換を繰り返す過程 (Gerchberg-Papoulis 反復による方法) で、高周波成分の復元を行う方法

等が挙げられる ((1)、(2) については後述する)。

- 5      これ以外にも多くの周波数領域を使った画像拡大手法があるが、この不足成分推定手段 500 では、拡大時に細部が鮮明でエッジが明瞭な画像の生成に必要な高周波成分を精度良く推定する手法が求められるのであり、その要望を満たす手法であれば同様に成立するものである。

- 10      そして、拡大画像出力手段 501 では図 6 (d) に示すように  $sN \times sN$  の係数サイズに対応する逆直交変換を行うことで、不足成分推定手段 500 で推定された拡大画像の周波数成分を実空間データに戻し、CRT 等に表示したり、プリンタ等の出力装置に渡したり、他の画像処理装置で扱われるデータとして出力する。

- 15      以上のような構成により、原画像の周波数成分を使って拡大画像出力時に必要とされる高周波成分データを推定し、補うことで、従来の画素補間による拡大時に発生するエッジのボケや細部の不鮮明さを解消することができる。

#### (実施例 6)

- 20      次に本発明の実施例 6 の画像処理装置について、図 7 及び図 8 を参照しながら説明する。

- 25      図 7 において、画像入力手段 9 及び原画像直交変換手段 11 の行う処理は、本発明の第 1 の実施形態と同様なので説明を省略する。まず原画像直交変換手段 11 で得られた原画像の周波数成分を使い、拡大周波数推定手段 800 では複数の画像サイズに拡大した際の周波数成分データが推定される。この推定方式は、本発明の実施例 5 の画像処理装置の構成要素の 1 つである図 5 の不足成分推定手段 500 と同様の手法を取ることができる。

次に基本成分の抽出処理が基本成分抽出手段 8 0 7 で行われる。この処理を模式的に表したものが図 8 である。図 8 (a) は原画像の周波数成分、図 8 (b) は原画像サイズを縦に 2 倍、横に 2 倍に拡大した画像の周波数成分、図 8 (c) は原画像サイズを縦に 3 倍、横に 3 倍に拡大した画像の周波数成分を示している。なお、さらに多くの画像サイズを用意しても良いし、その際に用意される画像サイズも整数倍である必要はない。図 8 (a)、(b)、(c) において、低域の周波数成分は画像の全体的特徴を表すものであり、各倍率に共通な定性的な傾向にある。そこでこの似た傾向のある低域の周波数成分 L00 を図 8 (d) に示すように基本成分と考える。なお、処理の簡単化のために図 8 (a) に示す原画像の周波数データを基本成分と見なしても構わない。

図 7 における多重符号化手段 8 0 2 は、本発明の第 1 及び実施例 4 の画像処理装置における高成分符号化手段 1 3 と同様に、該基本成分 L00 と図 8 (b) に示す各ブロック H11 から H13 とを関連付け、ルール化する (図 8 (e-1))。図 8 (c) に示す各ブロック H21 から H25 についても、同様に該基本成分 L00 と直接関連付けることも可能であるが、ここでは図 8 (e-2) に示すように、図 8 (b) の各ブロック H11 から H13 と図 8 (c) の各ブロック H21 から H25 を関連付けることで、該基本成分 (低域の周波数成分) L00 と図 8 (c) の各ブロック H21 から H25 を関連付け、ルール化する。これは周波数領域の近いブロック同士の方が定性的な相違が少ないため、関連付けの精度やその手間を減少させることができるからである。

多重符号合成手段 8 0 3 は本発明の第 1 及び実施例 4 における符号合成手段 1 4 と同様に、抽出された上記基本成分と、多重符号化手段 8 0 2 で得られた該基本成分と各拡大周波数成分との関連情報を合成し、多重簡易画像データとして記憶媒体 1 5 への記憶処理を行う。この際、多重に用意した拡大画像の個数や各サイズのデータの始まりのフラグ信号等を明確に上記多重簡易画像データのヘッダ等に記述する必要がある。

以上のように、予め出力装置の解像度に合わせて複数の画像サイズに応じた拡大周波数成分を用意しておくことで、記憶媒体から読み出されたデータを基に所望の拡大サイズの画像を出力する際に不足する、高周波数成分の推定にかかる時間を短縮することができ、ユーザインターフェースの改善になる。

5

(実施例 7)

次に本発明の実施例 7 の画像処理装置について説明する。

図 7 において、画像入力手段 10、原画像直交変換手段 11、拡大周波数推定手段 800 及び基本成分抽出手段 807 の行う処理は、本発明の実施例 6 の  
10 画像処理装置と同様なので説明を省略する。

基本画像生成手段 808 は基本成分抽出手段 807 により抽出された基本成分に逆直交変換を施し、サムネイル画像を基本画像表示手段 809 に表示するが、ここで、基本成分抽出手段 807 で抽出された周波数の周波数空間におけるサイズ（係数サイズ）がレビュー用のディスプレイの画像サイズより大きい  
15 場合、さらに基本成分の低域よりその解像度に合わせた周波数成分が抽出され表示用の基本画像が生成される。逆に基本成分抽出手段で抽出された周波数の係数サイズがレビュー用のディスプレイより画像サイズより小さい場合には、基本成分の係数で不足する部分に図 41 に示すような” 0 ” 成分埋め込みを行ってサムネイル画像を生成することとする。しかし、このような場合には、  
20 拡大周波数推定手段 800 のようにその画像サイズに応じて、不足分を推定してレビュー用画像サイズに拡大する処理を、該基本画像生成手段 808 に加えることも可能である。

(実施例 8)

25 次に本発明の実施例 8 の画像処理装置について説明する。

図 7 において、ユーザは本発明の実施例 6 の画像処理装置により記憶媒体 1

5に記憶された画像データの中から、出力編集対象の画像を選択するとともに、対象とする画像サイズを指定することができる。この際、記憶媒体15に記憶された画像サイズに応じた選択情報が提示されるか、もしくはユーザにより、原画像サイズを基準とした拡大率が入力されるか、また出力される機器の持つ解像度に合わせて自動的に選択する等の手法が考えられる。

まず、記憶媒体15に記憶された画像サイズに応じた選択情報が提示される場合の処理を説明する。ユーザは、所望の画像と所望の画像サイズを、マウス等の図示しない入力手段により選択指示し、記憶媒体15から基本成分復号手段804はこの指示に対応した多重周波数データから該画像の基本成分を取り出す。次に対象周波数復号手段805が選択された該画像サイズに相当する高周波成分データの表現符号列を取り出し、該符号列と該基本成分から、対象とする拡大画像サイズの該基本成分以外の高周波成分を復号する。対象画像出力手段806では該高周波成分と該基本成分を結合し、逆直交変換を施して、所望の拡大画像を出力する。

次に、原画像サイズを基準とした拡大率が入力されるか、また出力される機器の持つ解像度に合わせて自動的に選択する場合の処理を説明する。記憶メディア15に多重的に保持されていない画像サイズの場合には拡大後のサイズに最も近いサイズの画像データが選択され、基本成分復号手段804、対象周波数復号手段805及び対象画像出力手段806への処理へ移る。この際、対象画像出力手段806における逆直交変換時には、上記の拡大後のサイズに最も近い画像サイズに対応した逆直交変換処理が取られるものとする。

しかし、この段階で、選択される画像サイズを所望の画像サイズより小さめに選び、不足した分を実施例5における不足成分推定手段500を加えることも可能である。

以上のように、複数の拡大サイズの周波数成分の共通と見なせる低周波成分を基本成分として抽出し、この基本成分を中心として各拡大サイズの残りの高

周波成分を符号化することで、複数の拡大サイズに関する画像の周波数データを用意することができる。そのため、ユーザの指示により目的とした画像サイズの拡大画像の再生時には、指示のたびに所望の拡大サイズに不足する高周波成分を推定することなく高速に拡大画像を再現することができる。

5

(実施例 9)

次に本発明の実施例 9 の画像処理装置について説明する。

図 9 において、画像入力手段 10、原画像直交変換手段 11、拡大周波数推定手段 800 及び基本成分抽出手段 807 までの処理は、本発明の実施例 6 の  
10 画像処理装置のものと同様であるので、説明を省略する。

基本成分圧縮手段 1000 では、基本成分抽出手段 807 により抽出された基本成分を圧縮処理するが、該圧縮処理の工程は本発明の実施例 4 の画像処理装置における低成分圧縮手段 300 と同様であるので、説明を省略する。

また、基本成分圧縮手段 1000 に続く多重符号化手段 802、多重符号合成手段 803 及び記憶媒体 15 における処理は、本発明の実施例 6 の画像処理  
15 装置のものと同様であるので、説明を省略する。

以上のような構成により、複数の画像サイズを保持する際の問題点である画像データ容量の低減化を図ることができる。

20 (実施例 10)

次に本発明の実施例 10 の画像処理装置について説明する。図 10 はその構成を表すブロック図である。

まず画像入力手段 10 で読み取られた原画像に図 43 に示すような補間方式で画素間を補間することで、画素間補間手段 1100 が拡大画像を生成する。  
25 次に該拡大画像に対して畳み込み手段 1101 が畳み込み処理を繰り返すことにより画素強調を行う。

図 1 1 は上記畳み込み処理の工程を表す。図 1 1 (b) に示すようにエッジが不明瞭な画像の場合、エッジについての画像データが抽出できず、図 4 2 に示すような処理工程で画像の拡大処理を行うことは困難である。しかし、本発明のようにすることで平均化された濃度値を簡単に強調することができる。なお、畳み込み手段 1 1 0 1 の処理は、拡大画像にエッジ強調フィルタによる処理を複数回繰り返すことと同じような効果を持つものである。従来のエッジ強調フィルタ処理の場合、適正なフィルタを選ばないと、その繰り返し回数は非常に大きくなったり、全くエッジ強調がされない等の問題があるが、畳み込み手段 1 1 0 1 では濃度値自身による畳み込みを行うため、その心配もない。図 1 1 (c) の P 点における K 回目の畳み込み処理をする際の濃度値を  $Dp[K]$  とすると、その  $K+1$  回目の畳み込み処理による P 点の濃度値  $Dp[K+1]$  は〔数式 5〕のように定義する。これは、この画素近傍における畳み込み値の平均値を求めるものである。ここで、 $\Omega$  は畳み込み対象画素の範囲を、 $U\_Gasol$  はその  $\Omega$  内の総画素数を、 $q$  は  $\Omega$  内の任意画素を表す。

〔数式 5〕

$$Dp[k+1] = \left( \sum_{q \in \Omega} (Dp[k] \times Dq[q]) \right) / U\_Gasol$$

この処理を拡大補間画像に含まれる画素の集合を  $\Lambda$  (図 1 1 (c) の星形全体) とした場合、この  $\Lambda$  内の画素全部に処理が行われる。

次に収束判定手段 1 1 0 2 では、この畳み込みによる処理の収束判定が行われる。それは〔数式 6〕のように  $(K-1)$  回目で得られた濃度値  $Dp[K-1]$  と  $K$  回目の濃度値  $Dp[K]$  の 2 乗誤差の  $\Lambda$  内の平均値をもとにそれが、予め用意された収束判定値  $Thred$  より小さい場合に、収束したとして畳み込み処理を終え、推定拡大画像出力手段 1 3 1 2 で推定拡大画像として出力されるのである。

〔数式 6〕

$$Thred \geq (\sum_{p \in \Lambda} (Dp[k] - Dp[k-1])^2) / T\_Gas0$$

〔数式 6〕で  $T\_Gas0$  は  $\Lambda$  内の総画素数を表す。

- 5     以上のように本実施例の画像処理装置は、補間画像データの畳み込み演算処理により拡大画像の強調をするものであり、処理時間のかかる周波数変換を行う必要がなく、手軽に拡大画像を実現できる。また、補間画像のボケ解消に元の画像のエッジ情報が使用する際に問題となるエッジが不明瞭な原画像に対しても、簡単にエッジ情報を持つ拡大画像を得ることができる。

10

(実施例 11)

図 12 に実施例 11 による画像処理装置の構成を表す。

- 拡大周波数推定手段 120A の近似係数導出手段 1200 は、画像入力手段 10 により本装置に入力された  $n$  画素  $\times$   $n$  画素の原画像データを使って、拡大  
15   画像の周波数成分データの推定に使用される非線形補間方式に使用される近似係数ベクトル（重み係数ベクトル） $Vw = (w\_0, w\_1, \dots, w\_N-1)$  ( $N = n \times n$ ) を後述する方法により導出する。拡大周波数推定手段 120A の非線形推定手段 1201 は近似係数導出手段 1200 で得られた重み係数ベクトル  $Vw$  と原画像直交変換手段 11 で得られた原画像の周波数成分データを使って、  
20   後述するように拡大後の画像の周波数成分データをラジアル基底関数ネットワークを使って推定する。

以下、この画像処理装置の動作について説明する。

- 画像入力手段 10 において、拡大すべき  $n$  画素  $\times$   $n$  画素のサイズを持つ原画像データの読み取りが行われる。この画像入力手段 10 で得られた原画像は、  
25   原画像直交変換手段 11 で周波数空間における成分データ（周波数成分データ）に変換される迄は上記実施例 1 と同様であるので、説明を省略する。

拡大周波数推定手段 120A では、図 13 に示すように、この画像入力手段 10 からの原画像の濃度データ  $D(x, y)$  ( $x, y=0, \dots, n-1$ ) (図 13 (a)) と原画像直交変換手段 11 からの周波数成分データ  $F(u, v)$  ( $u, v=0, \dots, n-1$ ) (図 13 (b)) をもとに、 $n \times n$  の原画像を  $m \times m$  の拡大画像に拡大した際 ( $n < m=s \times n$ ) の、拡大画像の周波数成分データ  $F'(u, v)$  ( $u, v=0, \dots, m-1$ ) (図 13 (c)) の推定を行う。ここで上記の推定は、後述するラジアル基底関数ネットワーク (Radial Base Function Network: 以下 "RBFN" と略す) を使用して行われる。

一般に、2次元 DCT 成分値とその成分位置 ( $u, v$ ) の間は線形ではなく非線形な関係が成立する。そのため、この非線形関係を精度良く関数近似することのできる手法が、鮮明でエッジのぼけのない画像拡大には必要とされる。このような手法として、予め用意された学習データに基づいて学習された階層型ニューラルネットワークによる手法や、予め用意された学習データから抽出されたルールベースを使用したファジィ推論の手法等が挙げられる。しかし、これらは予め学習用に多くの画像データを用意することが精度良い推定に不可欠である。

一方、これらに対して、学習データなしで入力データの特徴を使って自己組織的に近似関数を獲得することのできる手法がある。これの例として、カオス的に変動する時系列パターンの短期予測を行う手法があり、ここで使用するラジアル基底関数ネットワークもその 1 種と考えられる。ここでは、与えられた画像の周波数成分とその対応する位置から、周波数成分の描く面を RBFN により非線形関数近似するのである。

図 14 はここで使用する RBFN のモデル構成であり、これには求める成分位置ベクトル  $VP=(u, v)$  が入力として与えられ、中間層でのラジアル基底関数 (RBF)  $\phi$  での変換を介して、出力層で 1 つに統合され、出力周波数成分  $F_{out} = F'(u, v)$  が出力される。これを [数 7] に示すが、ここで、 $VP\_i=(u\_i, v\_i)$  は



i 番目のRBF 関数の中心を表し、N は設定されたRBF 関数の個数を表す。

〔数式 7〕

$$F'(u, v) = \sum_{i=0}^{N-1} w\_i \cdot \phi(\|VP - VP\_i\|)$$

{0 ≤ u ≤ m-1, 0 ≤ v ≤ m-1}

5

例えば、図 15 のように原画像の周波数データ P を中心として拡大する場合  
には、VP\_\_i は原画像の周波数成分の位置ベクトルに相当し、RBF 関数の個数  
N は原画像の画素数分 n × n に相当する。つまり、原画像の画素の分だけRBF  
関数が用意され、RBF 関数の中心である P の成分位置ベクトル VP\_\_i の周囲に  
10 配置された拡大後の周波数成分データは、これらのRBF 関数出力の重なりとし  
て推定されるのである。なお、RBF φ は出力 Fout=F' (u, v) が成分位置ベクトル  
VP と、i 番目のRBF 関数の中心である VP\_\_i の間の距離  $\|VP - VP\_i\|$  に依存  
して変化する関数であり、〔数式 8〕のようなものが例として挙げられる。

〔数式 8〕

15

$$\phi(\|VP - VP\_i\|) = \|VP - VP\_i\|^{2(k+1)} \log(\|VP - VP\_i\|) \quad (a)$$

$$\phi(\|VP - VP\_i\|) = \exp(-\|VP - VP\_i\|^2 / b) \quad (b)$$

20

ここで(a) はロジスティック関数であり、b は関数の傾きを制御するパラメ  
ータである。また、(b) はガウス関数であり、k も b と同様に形状を表すパラ  
メータである。これ以外にも多くのものが考えられるが、通常(b) が用いられ  
ることからここでも(b) を用いることとし、b=1.0 とする。

重み係数ベクトル Vw=(w \_\_0, w \_\_1, ..., w \_\_N-1)<sup>T</sup>(T:転置) の決定は次のよ  
うに行われる。

〔数式 8〕における非線形近似を最適にするためには、VP=VP \_\_i において  
25 周波数成分の推定値が元の画像から得られた周波数成分値とできるだけ一致す  
るように重み係数ベクトル Vw を決定してやればよい。ここでは、図 15 のよう

に、拡大後の周波数領域の $P'_{-i}$  は原画像の周波数領域における $P_{-i}$  に対応する。そこで、 $P_{-i}$  の周波数成分位置を $(a_{-i}, b_{-i})$ として、 $P_{-i}$  における周波数成分 $F(a_{-i}, b_{-i})$ と $P'_{-i}$  における推定周波数成分 $F'(u_{-i}, v_{-i})$ の2乗誤差関数 $E(V_w)$  を最小とする $V_w$ を最適な重み係数ベクトルとすれば良いこととなる。

まず $(u, v)$  における推定成分 $F'(u, v)$  を低域から並べ、原画像の周波数成分位置 $(a_{-i}, b_{-i})$ に対応する $k$  番目の推定成分を $FF(k)$  とする。次に推定拡大画像の周波数成分ベクトル $V_y$ とRBF 関数より成る行列 $MP$ を〔数式9〕のように定義する。

10

〔数式9〕

$$V_y = (FF(0), FF(1), \dots, FF(N-1))^T$$

$$MP = [MP_{-ij}]$$

$$= \begin{Bmatrix} \phi(\|VP_{-0} - VP_{-0}\|), & \phi(\|VP_{-0} - VP_{-1}\|), \dots, & \phi(\|VP_{-0} - VP_{-N-1}\|) \\ \phi(\|VP_{-1} - VP_{-0}\|), & \phi(\|VP_{-1} - VP_{-1}\|), \dots, & \phi(\|VP_{-1} - VP_{-N-1}\|) \\ \dots & \dots & \dots \\ \phi(\|VP_{-N-1} - VP_{-0}\|), & \phi(\|VP_{-N-1} - VP_{-1}\|), \dots, & \phi(\|VP_{-N-1} - VP_{-N-1}\|) \end{Bmatrix}$$

20

これにより〔数式10〕のように表すことができる。

〔数式10〕

$$V_y = MP \cdot V_w$$

25

すると、評価関数である2乗誤差関数 $E(V_w)$ は〔数式11〕のようになる。

〔数式11〕でベクトル $V_f$ は原画像の周波数成分 $F(a, b)$ を低域から順番に $N \times n$ 個並べたものであり、原画像が予め与えられれば決まるベクトルである。

〔数式11〕

$$\begin{aligned} E(V_w) &= \sum_{i=0}^{n-1} \sum_{j=0}^{n-1} (F(a_{-i}, b_{-j}) - F'(u_{-i}, v_{-j}))^2 \\ &= (V_f - MP \cdot V_w)^T \cdot (V_f - MP \cdot V_w) \\ V_f &= (F(0,0), F(0,1), \dots, F(N-1, N-1))^T \end{aligned}$$

そこで $\partial E(V_w) / \partial (V_w) = 0$ に注目して整理すると $V_w$ は〔数式12〕のようになる。

〔数式12〕

$$V_w = (MP^T \cdot MP)^{-1} MP \cdot V_f$$

これを使って近似重み係数 $V_w$ の計算を近似係数導出手段1200が行う。

非線形推定手段1201では、上記重み係数 $V_w$ を使って、〔数式7〕より $(u, v)$ におけるDCT成分 $F'(u, v)$ を推定する。

なお、〔数式8〕で(b)を用いた場合、 $k$ の値の設定として、予め用意された多くの画像データを使い、そのサブサンプリングで作成された縮小画像から元の原画像を推定する際に、推定画像と原画像のSN比が最大となる $k$ と、各原画像内のデータの分布(標準偏差、平均、分散等)との関連を統計的に導出することで、使用する $k$ の値を決める方法も考えられる。

逆直交変換手段1213では、101で得られた拡大後の画像の持つ周波数成分の推定結果をもとに、逆離散コサイン変換(IDCT: Inverse Discrete Cosine Transform)を行うことで、元の実空間における画像データに戻す。拡大画像出力手段1214では、13で得られた拡大後の推定画像をCRT等に表示

したり、プリンタ等の出力装置に渡したり、他の画像処理装置で扱われるデータとして出力される。

以上のように、本実施例によれば、原画像の周波数成分の特徴を精度良く近似することができ、原画像のサンプリングで削除された高周波成分を精度良く、  
5   かつ予めルール等を作成することなく手軽に推定することが可能となる。

(実施例 1 2)

図 1 6 は実施例 1 2 による画像処理装置の構成を表し、以下、この画像処理装置の動作について説明する。上記実施例 1 1 と同様に、画像入力手段 1 0 で  
10   得られた原画像は原画像直交変換手段 1 1 により周波数成分  $F(u, v)$  に変換される。これとともに、エッジ生成手段 6 0 0 では、図 1 8 で示されているラプラシアンフィルタによりエッジ抽出が行われる。

ここで使用するラプラシアンフィルタは、図 1 8 (a)、(b) のどちらのフィルタでも構わないし、更に他のフィルタを用いてもよい。扱う原画像の特徴に  
15   従い、このフィルタを変えることでエッジ抽出の精度を良くすることができる。

例えば図 1 8 (a) のラプラシアンフィルタは、中央の画素の濃度値を 8 倍し、その周囲の 8 つの画素の濃度値を減算する。つまり上記中央の画素の濃度値と上記周囲のがその濃度値との差分が、上記中央の画素のガその濃度値に加算されることになり、これによってエッジのような周囲との濃度差が大きく変  
20   化する画素が強調されるのである。

拡大エッジ推定手段 1 2 0 B の拡大エッジ近似手段 1 6 0 1 では、図 1 7 に示すように上記エッジ生成手段 1 6 0 0 で得られたエッジ画像 (図 1 7

(c)) を、所望の拡大率  $s$  に応じて、線形拡大するものであり、拡大に合わせて既存画素間に補間画素を埋め込んでやる必要がある。ここでは、拡大され  
25   た既存画素の midpoint に、既存画素のエッジ画像データの中間値を埋めることで実現する。例えば、既存のエッジ画像を拡大して画素位置  $P(x\_0, y\_0)$  と  $Q(x$

$\_0+dx, y\_0)$  となり、その間に拡大画素数に従い  $x$  方向に補間をする必要がある場合には、〔数式 1 3〕の (a) ようになる。ここで、画素位置  $P$  におけるデータを  $D(x\_0, y\_0)$ 、画素位置  $Q$  におけるデータを  $D(x\_0+dx, y\_0+dy)$ 、補間データを埋める位置  $H$  を  $H(x\_h, y\_h)$ 、そして埋める補間データを  $DI(x\_h, y\_h)$  とする。また、画素位置  $P(x\_0, y\_0)$  と  $R(x\_0, y\_0+dy)$  の間の  $y$  方向に補間をする必要がある場合には、〔数式 1 3〕の (b) ようになる。なお、(b) において補間データ位置を  $I(x\_i, y\_i)$ 、補間データを  $DI(x\_i, y\_i)$  としている。

〔数式 1 3〕

10

(a)

$$DH(x\_h, y\_h) = (D(x\_0, y\_0) + D(x\_0+dx, y\_0))/2$$

$$x\_h = (x\_0 + x\_0+dx)/2$$

$$y\_h = y\_0$$

(b)

$$DI(x\_i, y\_i) = (D(x\_0, y\_0) + D(x\_0, y\_0+dy))/2$$

15  $x\_i = x\_0$

$$y\_i = (y\_0 + y\_0+dy)/2$$

なお、 $y$  方向に相互に隣接する 2 つの補間画素（上記  $x$  方向の補間処理によって得られる）を使って  $y$  方向にさらに埋め込むことで補間精度はさらによくなると考えられる。

20 拡大エッジ推定手段 1 2 0 B のエッジ周波数生成手段 1 6 0 2 では、拡大エッジ近似手段 1 6 0 1 で得られた拡大エッジの推定画像（図 1 7 (d)）に直交変換を施して周波数成分（図 1 7 (e)）を求める。これは、主に画像の鮮やかさや細部の特徴、エッジを表す高周波成分はこのようなエッジ画像に多く含まれていることに起因する。即ち、エッジ抽出した画像では、その他の部分

25 の情報が欠如しているため、高周波成分は現れるが、より低域成分は弱いレベ

ルでしか現れないであろうという考えによる。そこで、元の原画像（図 1 7  
（a））の全体的な特徴を持つ原画像直交変換手段 1 1 で得られた周波数成分  
データ（図 1 7 （b））で、エッジ周波数生成手段 6 0 2 で得られた拡大エッ  
ジ画像の周波数成分の低域を置き換える（図 1 7 （e））ことで、拡大画像の  
5 持つ周波数成分を推定するのである。そして、逆直交変換手段 1 2 1 3 を経て、  
実空間データに戻された拡大画像（図 1 7 （g））は拡大画像出力手段 1 2 1  
4 で C R T に表示されたり、他の装置への入力になるように出力される。

このようにすることで、上記実施例 1 1 のように RBFN による方法を用いるこ  
となく、簡単に拡大画像を推定できる。また、エッジ情報をそのまま継承させ  
10 ることで、元の画像の高周波成分を失うことなく強調することができ画像のぼ  
けを減少させることができる。

#### （実施例 1 3）

図 1 9 は実施例 1 3 による画像処理装置の構成を表し、以下、この画像処理  
15 装置の動作について説明する。

画像入力手段 1 0 で得られた原画像（図 2 0 （a））に D C T 変換を使って  
周波数成分データ（図 2 0 （b））を導出するとともに、図 1 8 のようなラプ  
ラシアンフィルタを使って原画像のエッジ画像（図 2 0 （c））をエッジ生成  
手段 6 0 0 で生成する。拡大エッジ推定手段 1 2 0 B のエッジ画像直交変換手  
20 段 1 9 0 0 は上記エッジ画像に対して、D C T を行い、エッジ画像の周波数成  
分データ（図 2 0 （d））を求める。

このエッジ画像の周波数成分データから、上記実施例 1 1 で使用した非線形  
関数近似に優れているラジアル基底関数ネットワーク (RBFN) を使って、拡大  
された画像のエッジ部分より得られる周波数成分データ（図 2 0 （e））を拡大  
25 エッジ推定手段 1 2 0 B のエッジ周波数推定手段 1 9 0 1 が推定する。そして、  
この推定された周波数成分データの低域領域を、元の画像から得られた周波数

成分に置き換える（図20（f））ことで求める拡大画像の周波数成分データを獲得するのである。

こうすることで、上記実施例12と同様に、主にエッジ情報に含まれている画像の高周波成分の特徴から、拡大画像の高周波成分データを多く含む拡大エッジ情報を推定し、それを使うことで拡大後の画像に鮮明さを与える高周波成分をうまく補うことができる。また、上記実施例12では、原画像のエッジ画像の単純な線形補間画像から拡大エッジ画像の周波数成分データを推定していたが、本実施例の補間は非線形近似に相当するものであることから、単純に2つのサンプル間の線形補間方法よりも推定精度が良くなると思われる。

10     なお、この非線形推定方法については、上記実施例11で使用した非線形推定手段1201のRBFNの入力に、原画像の周波数成分データではなく、原画像から得られたエッジ画像の周波数成分データを使用する点異なるのみなので、説明を省略する。

15     また、この非線形推定方法については、やはり実施例11で説明したように、学習データを用いたニューラルネットワーク方式やファジィルールに従う方法、カオス決定論的な予測方式等も使用することが可能である。そして、これらの場合には、あらかじめ大規模な学習データを用意することが必要となることに注意しなければならない。

20     更に、エッジ周波数推定手段1901には、図21に示すように、拡大率 $s$ に応じて、高周波側よりサンプルされた画像のDCT成分（図21（a）、 $n-3$ 、 $n-2$ 、 $n-1$ の点）間の中間値を求め、改めてDCT成分位置を高周波成分の先頭側より割り振る（図21（b）、 $n-1+t-3$ 、 $n-1+t-1$ の点）ことでも拡大エッジの周波数成分を推定することができる。このようにすることでも、拡大後の画像に鮮明さを与える高周波成分を補うことができる。

25     この図21に示した補間方法と上記実施例12の補間方法との違いであるが、

手法的にはあまり差がないように思われる。しかし、任意の拡大エッジ画像を作成する際に、上記実施例 1 2 では、元のエッジ画像の画素間のどこへ優先的に補間画素を入れるかにより、エッジの特徴等が変化する可能性があり、補間順番に工夫が必要となる。しかし、図 2 1 のように周波数成分で補間する場合  
5 には、高周波成分を補うという観点から、高周波成分から優先的に DCT 成分の補間値を埋め込んで拡大画像の周波数成分を推定すればよい。

(実施例 1 4)

図 2 3 は実施例 1 4 による画像処理装置の構成を表す。

10 画像入力手段 1 0 で入力された原画像には数百画素×数百画素以上の大きさを占めるものも多く、この原画像に上記実施例 1 1、1 2 及び 1 3 のように 1 度に直交変換をかけた場合、その処理時間は膨大に大きなものとなる。そのため、通常は、4 画素×4 画素から 1 6 画素×1 6 画素の大きさのブロックに分割して各ブロックを目的とする画像拡大率  $s$  に応じた画素サイズに拡大し、そ  
15 れを再構成する方法が用いられる。しかし、このような場合、次に示すような問題が指摘されている。

図 2 2 (a) はその問題を模式的に示したものである。ここでは、説明を簡単にするためにブロック  $A_i$  において  $y = y_{-0}$  の時の  $x$  方向の画素の濃度値  $D(x, y_{-0})$  (実線に示す) に 1 次元 DCT 変換をかけた場合を取り上げる。

20  $x$  方向に 0 から  $n-1$  個のデジタル画像データ (濃度値) があり、これに 1 次元 DCT を行うことは、この  $n$  個の画像データの従う関数は  $x$  方向に関して  $n$  の周期を持つ周期関数であると仮定して、 $n$  個の周期を持つコサイン関数  $\cos(i x \pi / n)$  ( $i = 0, \dots, n-1$ ) の線形結合で近似することと同意義である。その結果、 $D(x, y_{-0})$  は [数式 1 4] のように表すことができる。

25 [数式 1 4]



$$D(x, y\_0) = \sum_{i=0}^{n-1} \alpha\_i \cdot \cos(i \cdot x \cdot \pi / n)$$

$\alpha\_i$  は、 $i$  番目の DCT 成分を表す。このような場合、図 2 2 (a) の点線に示すように、区間  $[n, 2n-1]$  では区間  $[0, n-1]$  と同じデータが繰り返されることを前提としているので、 $x=n$  での画像データ  $D(n, y\_0)$  は  $x=0$  のデータ  $D(0, y\_0)$  と同じとなるように  $\alpha\_i$  を決定しようとする。このため、 $x=n-1$  のデータ  $D(n-1, y\_0)$  と  $x=n$  つまり  $x=0$  のデータ  $D(n, y\_0) = D(0, y\_0)$  の間の差が大きいほど、この間に埋め込まれる  $x$  方向の拡大データと次の  $x=n$  から  $x=2n-1$  におけるブロックより得られる拡大データの  $x=n$  の値  $D(n, y\_0)$  の間の開きが生ずる。その結果として  $D(x, y\_0)$  は  $x$  方向においてこの境界付近で不連続となってしまうのである。

2 次元 D C T はこのような 1 次元 D C T を  $y$  方向に拡張したものであることから、この不連続性は 2 次元 D C T に拡張した場合にも同様に生じてしまう。本実施例はこの問題を解消するための処理である。

15 原画像を  $n \times n$  のブロック  $A_i$  ( $i=0, \dots, L-1$ ) に分割し各ブロックを  $m \times m$  のブロック  $B_i$  ( $i=0, \dots, L-1$ ) に拡大することで、原画像を  $s=m/n$  の拡大率で拡大する場合を考える。ここで、 $L$  はブロック数に相当する。図 2 3 におけるブロック分割手段 2 3 0 0 がこのブロック分割を行うが、図 2 4 の左図のように  $n \times n$  ではなく  $(n+u) \times (n+u)$  のサイズのブロック  $A_i'$  ( $i=0, \dots, L-1$ ) のように隣同士のブロックが重なるように分割する。

20 即ち、図 2 2 (b) に示すように、ブロック  $A_0$  についての D C T は区間  $[0, n+u]$  について行い (このとき、区間  $[n+u+1, 2n+2u]$  では区間  $[0, n+u]$  と同じデータが繰り返されることを前提としている (図 2 2 (b) 点線))、同様にブロック  $A_1$  についての D C T は区間  $[n, 2n+u-1]$  について行う。このようにすることで、上記従来の方法を用いた際にブロックの境界において発生した濃度値のギャップ (図 2 2 の枠線 R 参照) を抑えることが出来るのである。

つまりこのとき、図 2 4 のブロック A0 の端ではノイズ N が発生し、この部分についてはブロック A0 のデータは採用せず、A1 のデータを採用するのである。

そして、拡大ブロック周波数推定手段 2 3 0 2 がこのブロック A<sub>i</sub> の周波数成分データを  $((n+u) \times s) \times ((n+u) \times s)$  の周波数成分データに拡大する。この拡大  
5 処理については上記実施例 1、2 及び 3 の拡大処理をブロック単位で行うだけであるので説明を省略する。なお、ブロックサイズ  $n \times n$  であるが、通常 4 画素  $\times$  4 画素から 16 画素  $\times$  16 画素が使用される。もし  $n=8$  とした場合、その重なり領域を作る上記の  $u$  としては  $u=3$  を採用するが、これに限られるものではない。

- 10      ブロック内周波数抽出手段 2 3 0 3 では、得られたブロック B<sub>i</sub>' の全周波数成分データを使用せず、低周波数の方から必要とする  $m \times m$  のサイズだけのデータを取り出し、改めて拡大ブロック C<sub>i</sub> とする処理を行う。そして C<sub>i</sub> に対して、ブロック逆直交変換手段 2 3 0 4 が逆直交変換を施し、拡大画像再構成手段 2 3 0 5 で、ブロック C<sub>i</sub> から生成された画像データを対応する位置に配置すること  
15      とで最終的に拡大画像を得るのである。

このようにすることで、ブロック C<sub>i</sub> の隣り合うブロック境界付近での補間データと、次のブロック C<sub>i+1</sub> の先頭の画像データとの不連続性を避けることができ、ブロック歪みを低減することが可能となる。

20      (実施例 1 5)

- 図 2 5 に実施例 1 5 による画像処理装置の構成を示す。図 2 5 においてブロック内データ変換手段 2 5 0 0 は、ブロック分割手段 2 3 0 0 で分割された  $n \times n$  の画像サイズのブロック A<sub>i</sub> ( $i=0, \dots, L-1$ ) 内の画像データに後述する所定の関数変換を行うことで、拡大後のブロック画像の歪みが発生しにくいようにする。  
25      その他は、上記実施例 1 4 による画像処理装置より、ブロック内周波数抽出手段 2 3 0 3 が外されている以外は同じ構成をとっている。

実施例 1 4 による画像処理装置は、ブロック分割手段 2 3 0 0 で重なりを持つように大きめにブロック分割し、得られた拡大ブロックから必要とするサイズの周波数成分データを取り出して再度拡大ブロックの周波数データに置き直している。一方、本実施例では、ブロック分割 2 3 0 0 では図 2 6 に示すよう

5 に、重なりを持たせず  $n \times n$  のサイズのブロック  $A_i$  ( $i=0, \dots, L-1$ ) に分割する。そして、後述するようにそのブロック内データを変換し、その変換済みの画像データから拡大されたブロック  $B_i$  ( $i=0, \dots, L-1$ ) を推定する点が異なっている。

以上のように構成された実施例 1 5 による画像処理装置の動作について説明する。原画像をブロックに分割し、各ブロック  $A_i$  ( $i=0, \dots, L-1$ ) における画像

10 データをブロック内データ変換手段 2 5 0 0 が以下のように変換する。

図 2 7 (a) は、ブロック  $A_i$  における濃度値  $D(x, y)$  の遷移を表すが、右図はこの中の  $y=y\_0$  における  $x$  方向の遷移  $D(x, y\_0)$  を表す。

まず、 $x=0$  における画像データ  $D(0, y\_0)$  と  $x=n-1$  における画像データ  $D(n-1, y\_0)$  を通過する関数  $\rho(x, y\_0)$  を定義する。その関数としては多くの例があるが、ここでは「数式 1 5」のような 1 次式を定義する (図 2 7 (b))。

15

〔数式 1 5〕

$$\rho(x, y\_0) = D(0, y\_0) + (D(n-1, y\_0) - D(0, y\_0)) / n \cdot x$$

20 この  $\rho(x, y\_0)$  を  $D(x, y\_0)$  から減算した  $\Phi(x, y\_0) = D(x, y\_0) - \rho(x, y\_0)$  を計算する (図 2 7 (c))。これをブロック内全ての  $y\_0$  に対して求める。更に、 $x=x\_0$  を固定した  $y$  方向において同様の減算関数  $\Phi(x\_0, y) = D(x\_0, y) - \rho(x\_0, y)$  を求める。そして、これらの減算関数の絶対値の ( $x=0, \dots, n-1, y=0, \dots, n-1$ ) における最大値  $\text{Max } \Phi$  で正規化する (図 2 7

25 (d))。

この時点におけるデータは  $x$  方向でみた場合、ブロック境界である  $x=n-1$  と  $x=$

0つまり $x=n$ におけるデータがともに0となり、かつ全体が-1から0の区間に入るようにされているため、 $x=n-1$ の後に埋め込まれる補間データと $x=n$ のデータの間の差は非常に小さくなる。そのため、ブロック接続における歪みを抑えることが可能となる。

- 5      なお、ここでは〔数式15〕のような1次式を使用した。一般に図27のG点とH点における境界条件を満足するような関数であれば問題ないので、変換後の変動を抑えやすいような関数を $\rho(x, y, 0)$ に使用することでより歪みを抑えることができるとともに、拡大された周波数成分を精度よく推定することができる。

- 10      このように原画像データのブロック毎にブロック境界におけるデータレベルを0に近づけることで、直交変換上での補間で行われる拡大画像の推定時のゆらぎを造るブロック境界の不連続性を低減することが可能となる。

(実施例16)

図28に実施例16による画像処理装置の構成を示す。

- 15      カラーの原画像の拡大画像を推定する際には、1色の多階調データの拡大処理よりも拡大処理が膨大となるという問題がある。本実施例はその効率化に関する発明である。

- 画像入力手段10で入力されたカラー原画像において、基準とするカラー成分を基準成分選択手段2800が選択する。通常、カラー原画像の構成はレッド、グリーン、ブルーの2つのカラー成分より構成されており、輝度情報にグ  
20      リーンデータが大きく反映されることを考慮すると、基準成分としてはグリーン成分を選択するのが好ましい。変換比率導出手段2801では、このグリーン成分に対するレッド成分の単純比率 $\text{ratio\_r}$ と、グリーン成分に対するブルー成分の単純比率 $\text{ratio\_b}$ とを求める。この単純比率を求める方法として  
25      は多種多様なものがあるが、ここでは、〔数式16〕のように、対象とする領域内のレッドのグリーンに対する濃度の比率の平均値と対象とする領域内のブ

ルーのグリーンに対する濃度の比率の平均値を用いることとする。

〔数式 1 6〕

$$\text{ratio\_r} = \sum_{i=0}^{n-1} \sum_{j=0}^{n-1} r\_ij / g\_ij$$

$$\text{ratio\_b} = \sum_{i=0}^{n-1} \sum_{j=0}^{n-1} b\_ij / g\_ij$$

5

〔数式 1 6〕で、 $r\_ij$ 、 $g\_ij$ 、 $b\_ij$ はそれぞれ原画像における画素位置(i, j)のレッド、グリーン、ブルー成分の濃度である。このように1つの比率係数を使って拡大された残りの成分を全て推定するのではなく、各画素におけるグリーン成分に対するレッド成分の比率より構成されるマトリックス $R\_r$ とグリーン成分に対するブルー成分の単純比率より構成されるマトリックス $R\_b$ を採用することも可能である。この場合、1つの比率係数を使うよりも、元のカラー原画像の特徴を再現することが可能となり、より精度良くカラー画像の拡大を行うことができる。

この基準成分であるグリーン成分に対して、上記実施例 1 1 から実施例 1 5 迄の画像処理装置と同様に、拡大処理を基準画像直交変換手段 2 8 0 2、基準拡大周波数推定手段 2 2 0 3、基準逆直交変換手段 2 8 0 4で行う。そして、不足成分拡大手段 2 2 0 5において、基準逆直交変換手段 2 8 0 4の拡大されたグリーンデータに対し、上記単純比率 $\text{ratio\_r}$ 、 $\text{ratio\_b}$ をかけることで、残りのレッド、ブルー成分における拡大データを作成する。この3つの拡大成分を1つに結合することで、カラー原画像の拡大画像を得ることができ、拡大画像出力手段 1 2 1 4ではそれをCRT等に表示したり、プリンタ等の出力装置に渡したり、他の画像処理装置で扱われるデータと出力処理が行われる。

このような1成分のみの直交変換を行う処理をとることで、カラー原画像を構成する複数成分おのおのに拡大処理をする手間が省け、処理の簡単化をはか

ることが可能となる。

(実施例 17)

実施例 17 から実施例 21 迄は、ウェーブレット変換を用いて画像の拡大を行う画像処理装置について説明する。

図 29 は実施例 17 の画像処理装置の構成を表す。画像入力手段 10 は上記実施例 1、実施例 11 等と同様である。入力画像調整手段 12 は、画像入力手段 10 で得られた  $n$  画素  $\times$   $n$  画素を持つ原画像の水平、垂直画素数を所望の拡大画像サイズ  $L_n$  画素  $\times$   $L_n$  画素の  $1/2$  になるように補間又は間引き（以下まとめて「調整」という）する。画像拡大手段 290A は、後述するウェーブレット変換における多重解像度解析を利用した画像拡大を行う。拡大画像調整手段 2913 は、画像拡大手段 290A で得られる、入力画像調整手段 12 で調整された原画像の 4 倍の画素数を持つ拡大画像を所望の拡大画像サイズである  $L_n$  画素  $\times$   $L_n$  画素に調整する。拡大画像出力手段 1214 は拡大画像調整手段 2913 で推定された拡大後の画像データを表示したり他の装置等へ出力する。

上記画像拡大手段 290A は、入力画像調整手段 12 で  $L_n/2$  画素  $\times$   $L_n/2$  画素に調整された原画像から垂直方向のエッジ成分画像を取り出す垂直エッジ生成手段 2900 と、水平方向のエッジ成分画像を取り出す水平エッジ生成手段 2901 と、斜め方向のエッジ成分画像を取り出す斜めエッジ生成手段 2902 とを備える。更に、上記画像拡大手段 290A は、上記 3 つのエッジ成分画像と、入力画像調整手段 12 で  $L_n/2$  画素  $\times$   $L_n/2$  画素に調整された原画像を、 $L_n$  画素  $\times$   $L_n$  画素の拡大画像にウェーブレット変換を行った際の変換画像を構成するサブバンド成分の 4 つと見なして、逆ウェーブレット変換により  $L_n$  画素  $\times$   $L_n$  画素の拡大画像を生成するレベルアップ手段 2903 とを備える。

以上のように構成された第 1 の実施例である画像処理装置では、ウェーブレット変換による多重解像度解析が画像拡大に利用されている。ウェーブレット

変換は、「ウェーブレット ビギナーズガイド」（榊原 進著、東京電機大学出版局）等の多くの文献に記載されており、周波数解析の方法として開発されたものであり、信号処理、画像等のデータ圧縮をはじめとした多くの分野で応用がなされている。

- 5      ウェーブレット変換を原画像に施し変換画像を得た場合、それはいくつかのサブバンド（部分周波数帯域）成分より構成されている。図31はウェーブレット変換画像のサブバンド成分の配置例を示す図であり、原画像を、LL3、HL3、LH3、HH3、HL2、LH2、HH2、HL1、LH1、LL1の10のサブバンド成分に分割した例を表す。
- 10      図30は図31に示すようなウェーブレット変換をフィルタ系列で表現した図であり、垂直方向（y方向）と水平方向（x方向）へ各々独立にローパスフィルタ処理とともに1/2にダウンサンプリング（間引き）する処理Lowとハイパスフィルタ処理とともに1/2にダウンサンプリングする処理Highの、I、II、III段階の組み合わせで構成されている。
- 15      先ず、原画像に水平方向にHighとLowが行われる。そして水平方向にHighの処理をした際の出力に対し、垂直方向にHigh処理を行った結果がHHI成分であり、垂直方向にLowフィルタ処理した結果がHLI成分となる。次に、水平方向にLowのフィルタ処理をした際の出力に対し、垂直方向にLowフィルタ処理をした結果がLLIであり、垂直方向にHighのフィルタ処理を施した結果がLHI成分となる。
- 20      ここまでが1度目のウェーブレット変換で得られる結果である。
- 更に、LLI成分に対し、水平方向にLowフィルタ処理とHighフィルタ処理が行われ、水平方向にHighの処理をした際の出力に対し垂直方向にHighフィルタ処理をした結果がHH2であり、垂直方向にLowフィルタ処理をした結果がHL2である。また、水平方向にLowのフィルタ処理をした際の出力に対し、垂直方向にLow
- 25      owフィルタ処理をした結果がLL2であり、垂直方向にHighのフィルタ処理を施した結果がLH2成分となる。ここまでが2度目のウェーブレット変換で得られる

結果である。

LL2成分に対しても同様に水平方向へのLowフィルタ処理とHighフィルタ処理を個別に行い、垂直方向に対してもLowフィルタ処理とHighフィルタ処理を個別に施すことで、HH3、HL3、LH3、LL3のサブバンド成分が得られ、3度目のウェーブレット変換が行われたこととなる。

このように、原画像に対する第1段階のウェーブレット変換により、LL1、HL1、LH1、HH1の4つの周波数成分に分解され、水平方向及び垂直方向ともに1/2のダウンサンプリングが行われるため、各成分を表す画像の大きさは原画像の1/4になる。LL1は原画像における低周波成分を抽出したもので、原画像のぼやけた画像であるが、原画像の大部分の情報はここに含まれる。そのため、次の第2段階のウェーブレット変換では、このLL1が対象とされる。

一方、HL1成分は図30におけるフィルタ処理により、原画像において水平方向における高周波成分を強く抽出した画像を表すこととなり、LH1は原画像において垂直方向における高周波成分を強く抽出した画像を表すこととなる。そして、HH1は水平方向、垂直方向ともに高周波な成分を抽出した画像となり、言い換えれば斜め方向における高周波成分を抽出した画像と考えることもできる。

これは濃度値から考えると、HL1成分は原画像において水平方向に対して濃度値の変動の大きな領域（垂直方向を向くエッジ情報）を強く反映している。一方、LH1は原画像において垂直方向に対して濃度値の変動の大きな領域（水平方向を向くエッジ情報）を強く反映しており、HH1は水平方向、垂直方向ともに濃度値の変動の大きい領域（斜め方向を向くエッジ情報）を大きく反映していると考えられるのである。

以上のようなウェーブレット変換による特徴は、LL1を対象とした第2段階目のウェーブレット変換で得られたLL2、HL2、LH2、HH2の成分に関しても言えることであり、同様にLL2を対象画像としたウェーブレット変換の成分につい



ても成立する。このようにウェーブレット変換は、1段階前のサブバンド成分画像において低周波成分を抽出したLL画像を、低周波成分、垂直、水平、斜め方向の周波数成分に相当する4枚の1/4の解像度画像に分解することとらえることができる。

- 5       そして、これらのサブバンド成分画像をフィルタ処理により合成することで1つ前の段階の画像を復元することができる。図31で考えると、4つのサブバンド成分画像LL3、HL3、LH3、HH3を合成することでLL2が復元され、LL2、HL2、LH2、HH2を合成することでLL1が復元される。そして、LL1、HL1、LH1、HH1を使うことで、原画像を復元することができる。

- 10       このようにウェーブレット変換では、解像度の異なる複数のサブバンド成分画像を同時に表現できるため、多重解像度解析とも呼ばれ、各々のサブバンド成分を圧縮することで効率の良いデータ圧縮が行えるとして注目されている。

- 本実施例では、まず、原画像を1つ前の段階における低周波サブバンド成分LL1と見なす。次に、残りの水平方向における高周波成分を強く抽出した画像HL1、垂直方向における高周波成分を強く抽出した画像LH1、そして水平方向、  
15       垂直方向ともに高周波な成分を抽出した画像HH1を推定して、2倍の拡大画像を得る。そして、この処理を原画像を所望の画像サイズに拡大することに適用したものである。

以上のことを踏まえて、本実施例の画像処理装置の動作について説明する。

- 20       まず、最初に画像入力手段10において、拡大すべきn画素×n画素のサイズを持つ原画像の読み取りが行われる。

- 上記画像入力手段10で得られた原画像は入力画像調整手段12において、画像サイズの調整を受ける。これは、ウェーブレット変換における多重解像度解析で述べたように、変換の対象画像を1度ウェーブレット変換する場合、変換後のサブバンド成分は常に変換前の水平画素数、垂直画素数ともに1/2サイズとなる。逆に、逆ウェーブレット変換により得られる画素サイズはその処  
25

理を行う際のサブバンド成分の水平画素数、垂直画素数ともに2倍、つまり4倍の画素数を持つこととなる。

以上のような性質より、逆ウェーブレット変換で得られる拡大画素の水平、垂直画素数は2の倍数であることが望ましい。そこで、入力画像調整手段12  
5 では、まず所望の拡大画像サイズである $L_n$ 画素 $\times L_n$ 画素（即ち拡大率が $L$ である）を2の倍数である $dL_n$ 画素 $\times dL_n$ 画素になるように調整するとともに、原画像を $dL_n/2$ 画素 $\times dL_n/2$ 画素になるように調整する。この際、調整方法としていろいろな手法が挙げられるが、ここでは画素間に〔数式1〕を使って補間するか、画素変動の少ない領域上の画素を間引くことで実現するものとする。

10 ここで、原画像をDCT変換等の直交変換により周波数領域に変換し、 $dL_n/2$ 画素 $\times dL_n/2$ 画素に対応する周波数成分を取り出したり、不足する高周波成分を“0”で埋め、それを $dL_n/2$ 画素 $\times dL_n/2$ 画素に対応する逆直交変換で調整する方法でも可能である。しかし、処理の効率化とこの後、さらにウェーブレット変換による方式で拡大することを考え合わせると、ここでの複雑な処理はあ  
15 まり効率が良いとは思えないので、単純な画素補間もしくは間引きを採用することとした。

画像拡大手段290Aでは、入力画像調整手段12で $dL_n/2$ 画素 $\times dL_n/2$ 画素に調整された原画像を水平、垂直方向ともに2倍に拡大することで所望の $L_n$ 画素 $\times L_n$ 画素に近い画像サイズまで拡大することを行う。この際に、上述のウェ  
20 ーブレット変換における多重解像度解析を利用するのである。従来の、直交変換を行い、周波数領域で不足分を補う方法では、処理時間とともに、複数ブロックへ分割することでブロックのつなぎ目でジャギー状のノイズが発生することが問題であった。しかし、ウェーブレット変換では1度に大きな画像を扱うことができるのでこのようなノイズは発生しないというメリットを持つ。

25 また、上記画像拡大手段290Aでは、図31におけるサブバンド成分 $LL1$ として $dL_n/2$ 画素 $\times dL_n/2$ 画素に調整した画像と見なした場合、残りの3つのサ

サブバンド成分HL1、LH1、HH1に相当する $dLn/2$ 画素 $\times dLn/2$ 画素の画像を推定する必要がある。

図32はその様子を模式的に表したものであるが、ここではサブバンド成分HL1、LH1、HH1の3つの画像をLL1の3方向におけるエッジ画像と見なす方式を取る。前述したように、HL1成分は $dLn/2$ 画素 $\times dLn/2$ 画素に調整された原画像（図32（a））の4倍の画素数を持つ拡大画像（LL0とする）において水平方向における高周波成分を強く抽出した画像を表すこととなり、サブバンド成分LH1はサブバンド成分LL0において垂直方向における高周波成分を強く抽出した画像を表すこととなる。そして、サブバンド成分HH1は水平方向、垂直方向ともに高周波な成分を抽出した画像となる。つまり、サブバンド成分HL1はサブバンド成分LL0の画像において、水平方向における高い周波数成分を表す部分、つまり垂直方向におけるエッジ情報（図32（b））を反映するものとして考えられる。一方、サブバンド成分LH1はサブバンド成分LL0の画像において、垂直方向における高い周波数成分を表す部分、つまり水平方向におけるエッジ情報（図32（c））を反映するものとして考えられる。そして、サブバンド成分HH1は、サブバンド成分LL0の画像において、垂直方向にも水平方向にも高い周波数成分を表す部分、つまり斜め方向におけるエッジ情報（図32（d））を反映するものとして考えられる。

よって、本実施例では、図29に示すような構成のエッジ生成手段290Bを設け、垂直エッジ生成手段2900で、入力画像調整手段12で調整された $dLn/2$ 画素 $\times dLn/2$ 画素に調整された原画像の垂直方向におけるエッジ成分を抽出し、不足しているHL1成分と見なす。また、水平エッジ生成手段2901では、入力画像調整手段12で調整された $dLn/2$ 画素 $\times dLn/2$ 画素に調整された原画像の水平方向におけるエッジ成分を抽出し、不足しているLH1成分と見なす。同様に斜めエッジ生成手段2902では、入力画像調整手段12で調整された $dLn/2$ 画素 $\times dLn/2$ 画素に調整された原画像の斜め方向におけるエッジ成分を抽

出し、不足しているHHI成分と見なす。

この際、上記各エッジ生成手段2900、2901、2902にはそれぞれ、  
図33に示すような3つの方向を検出するためのエッジ検出フィルタを使うこ  
ととする。即ち、図33(a)に示す例は、水平方向に重み付けが大きくなる  
5 フィルタを使用して水平方向のエッジを検出し、図33(b)に示す例は、垂  
直方向に重み付けが大きくなるフィルタを使用して垂直水平方向のエッジを検  
出し、図33(c)に示す例は、斜め方向に重み付けが大きくなるフィルタを  
使用して斜め方向のエッジを検出する。なお、このフィルタは一義的に決まる  
ものでなく、これら以外にも可能である。

10 レベルアップ手段2903では、以上のように推定された4つのサブバンド  
成分に逆ウェーブレット変換を行うことで、dLn画素×dLn画素のサイズを持つ  
鮮明な拡大画像を獲得する。なお、この際、ウェーブレット変換は図30のよ  
うにフィルタ系列処理で表せるため、ここでの処理もこの逆を行うフィルタ系  
列処理であっても構わない。

15 上記画像拡大手段290Aで得られた拡大画像は、そのサイズが所望の画像サ  
イ

ズLn画素×Ln画素が2の倍数でない場合(Ln/2の値が整数でない場合)、微  
妙にずれを生じる。そこで拡大画像調整手段2913では、その微妙なずれを  
補うように画素補間または間引きを行うのである。ここで行われる処理は、

20 高々1画素であるので画像において変化の小さい部分(階調変化が少なくエッ  
ジ付近以外)で処理することでその影響は小さい。

拡大画像調整手段2913を経て得られた拡大画像は拡大画像出力手段14  
でCRTに表示されたり、他の装置へ渡される。

以上のように、本実施例によれば、単純に原画像での画素間を補間したり、  
25 従来装置のように周波数領域で不足分な周波数成分を“0”等で埋めるなどし  
た際に生じるエッジボケを低減できる。また、直交変換方法で問題とされてい

たジャギー等のノイズを発生させることがなく鮮明な拡大画像が実現できる。  
また予めルール等を作成することなく手軽に拡大画像を推定することも可能となる。

5 (実施例 18)

図 3 4 は本発明の実施例 18 の画像処理装置における画像拡大手段 290A の構成を示すブロック図であり、以下、この画像処理装置の動作について説明する。

上記実施例 17 と同様に、画像入力手段 10 で得られた原画像は、入力画像  
10 調整手段 12 で所望の拡大画素サイズ  $L_n$  画素  $\times$   $L_n$  画素を水平、垂直画素数ともに 2 の倍数である  $dL_n$  画素  $\times$   $dL_n$  画素に調整され、その垂直、水平ともに  $1/2$  のサイズである  $dL_n/2$  画素  $\times$   $dL_n/2$  画素に原画像が調整される。

入力微調整手段 700 では、入力画像調整手段 12 の結果を受けて  $dL_n/2$  画素  $\times$   $dL_n/2$  画素に調整された原画像から、レベルダウン手段 701 でさらに 1  
15 レベル下のサブバンド成分を得るために、 $dL_n/2$  画素  $\times$   $dL_n/2$  画素を 2 の倍数になるように 1 画素調整して  $ddL_n$  画素  $\times$   $ddL_n$  画素に微調整を行う。そしてレベルダウン手段 701 では、入力微調整手段 700 で得られた  $ddL_n$  画素  $\times$   $ddL_n$  画素の原画像を対象としてウェーブレット変換を行い、この  $1/4$  の画像サイズを持つ 4 つのサブバンド成分  $LL2$ 、 $HL2$ 、 $LH2$ 、 $HH2$  を生成する。

20 図 3 5 は画像拡大手段 290A における処理の概要を模式的に表している。  
上記実施例 17 の場合、現対象画像  $LL1$  の垂直方向のエッジ画像、水平方向のエッジ画像、斜め方向のエッジ画像を現対象画像の 4 倍に拡大した画像  $LL0$  のウェーブレット変換画像において不足していたサブバンド成分  $HL1$ 、 $LH1$ 、 $HH1$  と見なしていたが、図 30 のフィルタ処理では厳密にはこれは成立しない。

25 例えば、サブバンド成分  $LL0$  からサブバンド成分  $HL1$  をフィルタ処理で求める場合、図 30 のフィルタ処理から水平方向における高周波成分データと垂直

方向における低周波成分データがHL1成分として抽出されている。このことによりHL1成分には、水平方向において値変動の大きな画素部分（垂直方向にのびたエッジ部分等）と、垂直方向において値変動の少ない画素部分が抽出される。上記実施例17では、この内の水平方向において値変動の大きな画素部分、つまり垂直方向にのびたエッジ部分による影響が大きいと考え、この垂直方向におけるエッジ情報のみをHL1成分と見なした。しかし、扱う画像によっては垂直方向において値変動の少ない画素部分の影響を無視できない場合がある。また、垂直方向におけるエッジ情報には水平方向において値変動の大きな画素部分を多く含むが、厳密には一致しない。このようなことは、他のサブバンド成分LH1、HH1についても言える。

以上のことから本実施例では、現在の対象画像を1度ウェーブレット変換してレベルを1つ下げることによってサブバンド成分LL2、HL2、LH2、HH2を作成し、そのサブバンド成分における低周波域成分LL2の3方向におけるエッジ画像HLe、LHe、HHeと実際の3つのサブバンド成分HL2、LH2、HH2の間の相関より、元々の対象画像の3つのエッジ画像から対応するサブバンド成分を推定するための補正量dHL、dLH、dHHを求めることとした。

先ず、図34に示すような構成の参照成分推定手段70A、補正推定手段70B、成分推定手段70Cを設ける。そして参照HL成分生成手段702では、このサブバンド成分LL2、HL2、LH2、HH2の内の低周波域にあり原画像をもっとも表しているLL2成分に注目して、図33(b)のようなフィルタにより垂直方向のエッジ情報を検出する。これを参照HL成分HLeとする。HL補正推定手段705においては、この参照HL成分HLeと、上記レベルダウン手段701で得られたHL2の間の相関を調べるのである。

その方法としては様々考えられるが、ここでは、図35(c)のように参照HL成分HLeと実際のHL成分HL2の間の差分画像dHL = HLe - HL2を求めることとする。参照LH成分生成手段703、参照HH成分生成手段704でも同

様に参照LH成分LHeとしてLL2成分の水平方向のエッジ情報を、参照HH成分HHeとしてLL2成分の斜め方向のエッジ情報を選び、LH補正推定手段706において、この参照LH成分LHeと実際のLH成分LH2の間の差分画像 $dLH = LHe - LH2$ を求め、HH補正推定手段707において、この参照HH成分HHeと実際のHH成分HH2の間の差分画像 $dHH = HHe - HH2$ を求める。

- そして、HL成分推定手段708、LH成分推定手段709、HH成分推定手段710では、上記実施例17と同様に、上記HL1、LH1、HH1に対応する補正成分dHL、dLH、dHHを加算することで、入力微調整手段700でddLn画素×ddLn画素に調整された原画像をサブバンド成分LL1と見なした際のHL1、LH1、HH1成分を推定する。上記HL成分推定手段708、LH成分推定手段709、HH成分推定手段710においては、上記補正成分dHL、dLH、dHHを使用する際、各補正画像の画素サイズがddLn画素×ddLn画素になるように、〔数式1〕に従い各画素間を補間することで調整した。しかし、これは一義的ではなくこれ以外にも従来の周波数変換された領域で不足成分に0を埋めることで水平、垂直方向ともに2倍の画素サイズに拡大する方法等も適用可能である。

- ただし、処理の効率化と、このサブバンド成分を使って逆ウェーブレット変換により拡大処理を行うことを考慮に入れた場合、単純に画素補間しても、最終的に得られた拡大画像の画質に与える影響は小さい。従ってここではHL成分推定手段708、LH成分推定手段709、HH成分推定手段710は、〔数式1〕のような線形補間による方式を採用することとする。

レベルアップ手段2903以降の処理は上記実施例17と同様である。

なお上記HL成分推定手段708、LH成分推定手段709、HH成分推定手段710の行う推定処理としては、上記のような参照成分と実際の成分間の差分成分の加算以外にも

- (1) HL補正推定手段705、LH補正推定手段706、HH補正推定手段707で得られた補正量にある変換係数マトリクスを乗算した結果を、それぞれ

れ、垂直エッジ生成手段 2900、水平エッジ生成手段 2901、斜めエッジ生成手段 2902 の成分値に加える

(2) HL 補正推定手段 705、LH 補正推定手段 706、HH 補正推定手段 707 で得られた補正量を変換関数により変換した結果を、それぞれ、垂直エ  
5 ッジ生成手段 2900、水平エッジ生成手段 2901、斜めエッジ生成手段 2902 結果に加える

(3) HL 補正推定手段 705、LH 補正推定手段 706、HH 補正推定手段 707、並びに、垂直エッジ生成手段 2900、水平エッジ生成手段 2901、斜めエッジ生成手段 2902 の結果を入力して HL、LH、HH の推定値を出  
10 力するように学習されたニューラルネットワークモデルを使う

(4) HL 補正推定手段 705、LH 補正推定手段 706、HH 補正推定手段 707、並びに、垂直エッジ生成手段 2900、水平エッジ生成手段 2901、斜めエッジ生成手段 2902 の結果をを入力して、予め用意された大量のデータベースやルールベースから HL、LH、HH 成分を推定する

15 等の方法を用いることも十分可能である。

以上のようにすることで、上記実施例 17 において単純に調整された原画像の 3 方向のエッジ検出を行っただけでは取り出すことのできなかった、ウェーブレット変換画像における不足サブバンド成分、特に高周波成分をより精度よく推定することができ、画像のぼけを減少させることができる。また、ウェーブ  
20 レット変換を用いることで、直交変換のようなブロック分割の必要がなく、従来の直交変換による方法で問題とされていたブロック歪みは発生しない。

#### (実施例 19)

図 36 は本発明の実施例 19 の画像処理装置における画像拡大手段 290A  
25 の構成を示すブロック図であり、以下、この画像処理装置の動作について説明する。



画像入力手段 10、入力画像調整手段 12 における処理は上記実施例 17 と同様であり、入力微調整手段 700 における処理も上記実施例 18 と同様である。

参照成分生成手段 3601 では、レベルダウン手段 701 で得られたサブバンド成分画像において、低周波域にある LL2 より、HL 成分推定手段 708、LH 成分推定手段 709、HH 成分推定手段 710 における推定に使用される各補正量を求めるための参照成分を求める。ここでは、LL2 に図 18 (a) (b) のようなラプラシアンフィルタを用いることで、LL2 の平均的なエッジ画像を参照成分画像と見なす。ラプラシアンフィルタは、図 33 のように特定方向のエッジを検出するのではなく、方向性にとらわれにくいエッジを検出する方法としてよく使用される。

本実施例では、これを参照成分画像として、上記実施例 18 で行ったような補正量を求める。こうすることで、上記実施例 18 で問題とされていた頻繁なエッジ検出処理を減らすことができ、処理の効率化につながる。

上記 HL 補正推定手段 705、LH 補正推定手段 706、HH 補正推定手段 707 では、実施例 18 と同様に、参照成分生成手段 3601 で得られたエッジ画像と 701 で得られた HL2、LH2、HH2 とのそれぞれの差分画像 dHL2、dLH2、dHH2 を求め (図 35 (c) 参照)、[数式 1] のような線形近似により各差分画像を  $ddLn$  画素  $\times$   $ddLn$  画素を持つ画像に調整する。

一方、エッジ生成手段 3600 では入力画像調整手段 12 で調整された  $ddLn$  画素  $\times$   $ddLn$  画素の原画像よりラプラシアンフィルタによるエッジ画像を検出し、HL 成分推定手段 708、LH 成分推定手段 709、HH 成分推定手段 710 において、上記 HL 補正推定手段 705、LH 補正推定手段 706、HH 補正推定手段 707 での補正画像を加えることで各サブバンド成分 HL1、LH1、HH1 を精度良く推定するのである。

こうすることで、 $(2 \times ddLn)$  画素  $\times$   $(2 \times ddLn)$  画素の拡大画像を鮮明に推定で

き、これに数画素の補間や間引きを加えることで所望の $L_n$ 画素 $\times L_n$ 画素を持つ拡大画像を精度良く得ることができる。

なお、上記実施例 18 で説明したように、上記 HL 成分推定手段 708、LH 成分推定手段 709、HH 成分推定手段 710 における推定方法としては、  
5 これ以外にも上記 HL 補正推定手段 705、LH 補正推定手段 706、HH 補正推定手段 707 の補正量にある変換係数マトリクスを乗算した結果や変換関数により変換された結果を使用することも可能である。

(実施例 20)

10 図 37 は実施例 20 の画像処理装置の構成を表す。

本実施例の主旨は、予め拡大する画素数がわかっておらず、原画像を元にウェーブレット変換による多重解像度解析に従い、水平、垂直方向ともに 2 倍しながら拡大画像を生成し、それをユーザに提示することで適切な拡大画像が得られたかどうかを判定してもらうことにある。

15 画像入力手段 10 で入力された  $n$  画素 $\times n$  画素の原画像は、まず拡大処理初期化手段 3700 で拡大対象画像として設定される。次に、対象画像拡大手段 3701 では、上記  $n$  画素 $\times n$  画素の原画像を水平、垂直方向ともに 2 倍、つまり 4 倍の画像サイズに拡大する。この拡大処理は、上記実施例 17、18 及び 19 の画像処理装置で説明した画像拡大手段を適用することで、つねに対象画像  
20 の 4 倍の画素を持つサイズに拡大することができる。

拡大画像提示手段 1302 は上記対象画像拡大手段 3701 で得られた現在の拡大画像をユーザに CRT 等を通して提示する。もし CRT 等の解像度を越えた場合には、カーソル等で視点を動かせるようできる機能や、特定部分を切り出す機能を持たせることで、よりユーザによる現在の拡大画像の適正さを判断  
25 するための助けとなる。

多重処理終了判定手段 3703 では、そのユーザからの指示結果を受け、適

切である場合には次の画像微調整手段 3 7 0 4 へ処理が移り、適切でない旨の指示を受けた場合には、この拡大画像を次の対象画像に設定して対象画像拡大手段 3 7 0 1 へ処理が戻る。

画像微調整手段 3 7 0 4 では、ユーザに微調整が必要かどうかの確認をする。

- 5 これは、画像拡大にウェーブレット変換による多重解像度解析を利用しているため、常に拡大前の 4 倍の画像サイズでしか生成できない。そのため、ユーザが見た場合、やはり前の画像では小さいが、これでは C R T に一度で描画できず大きすぎると思われる場合が生じるかもしれない。そこで画像微調整手段 3 7 0 4 では、再度ユーザにこの画像をいくらか調整するかを確認をとり、すこ  
10 し大きくする場合には画素補間を行う。一方、すこし小さくする場合には、画素の間引きを行うことで再度画像サイズの調整を行うのである。

なお、この画素補間を行う場合には、エッジ以外の濃度値の変動の小さい領域を選んで行うようにする。間引きについても同様である。

- ここで、上述の補間や間引きに代えて、周波数領域に変換し、そこで不足成分の付加や余剰成分を高周波より取り出す手法を取ることも可能であり、処理  
15 時間や処理を行う C P U 能力等に合わせて適切な方法を取ることが考えられる。

拡大画像出力手段 1 2 1 4 は画像微調整手段 3 7 0 4 で得られた拡大画像を C R T 等に表示したり、プリンタで出力したり、または他の装置へデータとして渡すなどして出力処理を行う。

- 20 以上のように、本実施例によれば、得られた精細な拡大画像をユーザに提示してサイズや解像度が適切かどうかの判断をしてもらい、それが得られた時点で一連の拡大作業の中止を指示すればよい。ため、予め拡大画像の拡大率を決める必要はなく、ユーザの好むサイズに簡便に拡大させることが可能となる。

- 25 (実施例 2 1)

最後に本発明の実施例 2 1 の画像処理装置について説明する。本実施例は上

記実施例 16 と同様、カラーの原画像の拡大画像を推定する際の効率化に関係する発明である。

図 38 は本実施例の画像処理装置の構成を示すブロック図であり、以下、この画像処理装置の動作について説明する。

- 5      先ず、画像入力手段 10 で入力されたカラー原画像から、基本カラー成分としてグリーン成分を基本成分選択手段 2800 が選択し、変換比率導出手段 2801 がこのグリーン成分に対するレッド成分、ブルー成分の単純比率  $ratio\_r$ 、 $ratio\_b$  を求める処理は上記実施例 16 と同様であるので説明を省略する。
- 10      次に、この基本カラー成分であるグリーン成分に対して、本発明の実施例 17、18 及び 19 の画像処理装置と同様に、拡大処理を基本成分画像調整手段 3802 及び基本画像拡大手段 3803 で行う。そして、得られた基本カラー成分の拡大画像を基本拡大画像調整手段 1504 で所望の画像サイズ  $Ln$  画素  $\times$   $Ln$  画素になるように、画素補間または間引きをして調整する。更に、不足成分
- 15      拡大手段 3805 において、拡大された上記グリーン成分に上記単純比率  $ratio\_r$ 、 $ratio\_b$  を乗算することで、残りのレッド、ブルー成分における拡大データを作成する。

- この 3 つの拡大成分を拡大カラー画像再構成手段 3806 が 1 つに結合することで、カラー原画像の拡大画像を得ることができ、拡大画像出力手段 121
- 20      4 ではそれを CRT 等に表示したり、プリンタ等の出力装置に渡したり、他の画像処理装置で扱われるデータと出力処理が行われる。

このような処理をとることで、カラー原画像を構成する複数成分 1 つ 1 つを拡大処理をする必要がなくなり処理の簡単化、高速化をはかることが可能となる。

## 請求の範囲

1. 画像入力手段より入力された画像データを加工する画像処理装置において、  
5   上記画像データに直交変換を施して原画像周波数成分を生成する原画像直交変換手段と、  
      上記原画像周波数成分より、低周波成分を抽出する低成分抽出手段と、  
      上記低周波成分と、上記原画像周波数成分の残りの高周波成分との関連情報  
10   を求め、これを符号化する高成分符号化手段と、  
      上記低周波成分と上記関連情報とを合成し、簡易画像データを生成する符号合成手段とを備えることを特徴とする、画像処理装置。  
2.   上記低周波成分のデータ量を圧縮する低成分圧縮手段と、  
      該低成分圧縮手段により圧縮された低周波成分と上記関連情報とを合成し、  
15   簡易画像データを生成する上記符号合成手段とを備える、請求項 1 に記載の画像処理装置。  
3.   上記簡易画像データを記憶する記憶媒体を備える、請求項 1 に記載の画像処理装置。  
4.   予め指定された縮小サイズに応じた上記低周波成分に、逆直交変換を施  
20   すことで縮小画像を生成する縮小画像生成手段と、  
      該縮小画像を表示する縮小画像表示手段とを備える、請求項 1 に記載の画像処理装置。  
5.   原画像に直交変換を施して得られる原画像周波数成分より抽出された低周波成分、及び、該低周波成分と残りの高周波成分との関連情報とを合成して  
25   得られる簡易画像データより、該低周波成分を取り出す低成分復号手段と、  
      上記簡易画像データより上記関連情報を取り出し、上記低周波成分に基づい

て高周波成分を復号する高成分復号手段と、

上記低周波成分と上記高周波成分とを結合し、逆直交変換を施して原画像を復元し、出力する原画像出力手段とを備えることを特徴とする、画像処理装置。

6. 上記簡易画像データを記憶媒体より取り出す、請求項5に記載の画像処理装置。

7. 画像入力手段より入力された画像データを加工する画像処理装置において、

上記画像データに直交変換を施して原画像周波数成分を生成する原画像直交変換手段と、

10 上記原画像周波数成分より、原画像を所望の拡大率に応じて拡大した際の周波数成分を推定する不足成分推定手段と、

上記原画像周波数成分と、推定された上記周波数成分とから、予めサイズを指定された基本画像を復元するのに必要となる周波数成分を基本成分として抽出する基本成分抽出手段と、

15 上記基本成分と推定された上記周波数成分との関連情報を求め、これを符号化する多重画像符号化手段と、

上記基本成分と上記関連情報とを合成し、多重簡易画像データを生成する多重符号合成手段とを備えることを特徴とする、画像処理装置。

8. 上記基本成分のデータ量を圧縮する基本成分圧縮手段と、

20 該基本成分圧縮手段により圧縮された基本成分と上記関連情報とを合成し、簡易画像データを生成する符号合成手段とを備える、請求項7に記載の画像処理装置。

9. 上記多重簡易画像データを記憶する記憶手段を備える、請求項7に記載の画像処理装置。

25 10. 上記基本成分に逆直交変換を施すことで基本画像を生成する基本画像生成手段と、

該基本画像を表示する基本画像表示手段とを備える、請求項 7 に記載の画像処理装置。

- 1 1. 複数の拡大サイズの画像の周波数成分より、予めサイズを指定された基本画像を復元するために抽出された基本成分及び、該基本成分と拡大画像の残りの高周波成分との関連情報を基に生成した多重簡易画像データから、該基本成分を取り出す基本成分復号手段と、

上記多重簡易画像データから上記基本成分と所望のサイズの拡大画像の高周波成分との関連情報とを取り出し、上記基本成分に基づいて上記高周波成分を復号する対象周波数復号手段と、

- 10 上記基本成分と上記高周波成分とを結合し、逆直交変換を施して上記所望のサイズの拡大画像を復元し、出力する対象画像出力手段とを備えることを特徴とする、画像処理装置。

1 2. 上記多重簡易画像データを記憶媒体より取り出す、請求項 1 1 に記載の画像処理装置。

- 15 1 3. ユーザからの指示信号に基づいて上記記憶媒体よりの取り出しを開始する、請求項 1 2 に記載の画像処理装置。

1 4. 画像入力手段より入力された画像データを加工する画像処理装置において、

上記画像データを所望の拡大率に応じて画素補間する画素補間手段と、

- 20 上記画素補間手段で得られた補間拡大画像の畳み込み処理を行う畳み込み手段と、

K 回目の畳み込み処理で得られた拡大画像と、K-1 回目の畳み込み処理で得られた拡大画像とにおける畳み込み値の平均値の差に基づいて、予め設定された収束条件を満足するか否かの判定を行う収束判定手段と、

- 25 上記収束判定手段で収束判定がなされた場合には、上記 K 回目の畳み込み処理で得られた拡大画像を出力する拡大画像出力手段とを備えることを特徴とする

る、画像処理装置。

- 1 5. 特定の画像の周波数成分より低周波成分を抽出する低成分抽出処理と、  
上記低周波成分と残りの高周波成分との関連情報を求める高成分符号化処理  
と、  
5      上記低周波成分と上記関連情報とを合成して簡易画像データを生成する簡易  
画像合成処理とを備えることを特徴とする、画像処理方法。
- 1 6. 特定の画像の周波数成分より低周波成分を抽出する低成分抽出処理と、  
上記低周波成分と残りの高周波成分との関連情報を求める高成分符号化処理  
と、  
10      上記低周波成分と上記関連情報とを合成して簡易画像データを生成する合成  
処理と、  
        上記簡易画像データより上記低周波成分及び上記関連情報を復号する復号処  
理と、  
        複合された上記低周波成分及び上記関連情報を結合し、逆直交変換を施すこ  
15      とで上記特定の画像を出力する画像出力処理とを備えることを特徴とする、画  
像処理方法。
- 1 7. 特定サイズの画像と該特定サイズの画像を拡大した拡大画像の周波数  
成分より、各サイズの画像に共通と見做せる低周波成分を基本成分として抽出  
する基本成分抽出処理と、  
20      上記基本成分と各拡大画像の残りの高周波成分についての関連情報を求める  
多重画像符号化処理と、  
        上記基本成分と上記関連情報とを合成して多重簡易画像データを生成する多  
重簡易画像合成処理とを備えることを特徴とする、画像処理方法。
- 1 8. 特定サイズの画像と該特定サイズの画像を拡大した複数の拡大画像の  
25      周波数成分より、各サイズの画像に共通と見做せる低周波成分を基本成分とし  
て抽出する基本成分抽出処理と



上記基本成分と各拡大画像の残りの高周波成分についての関連情報を求める多重符号化処理と、

上記基本成分と上記関連情報とを合成することによって得られた多重簡易画像データより、上記基本成分と上記関連情報とを復号する対象周波数復号処理

5 と、

複合された上記基本成分と上記関連情報とを結合し、逆直交変換を施すことで上記特定の画像を所望のサイズに拡大して出力する画像出力処理とを備えることを特徴とする、画像処理方法。

19. 特定の画像の周波数成分より低周波成分を抽出し、該低周波成分と残  
10 りの高周波成分との関連情報を求め、上記低周波成分と上記関連情報とを合成して簡易画像データを生成するプログラムが記録された、記録媒体。

20. 特定の画像の周波数成分より低周波成分を抽出し、上記低周波成分と  
残りの高周波成分との関連情報を求め、上記低周波成分と上記関連情報とを合  
成して簡易画像データを生成するとともに、該簡易画像データより上記低周波  
15 成分及び上記関連情報を復号して、複合された上記低周波成分及び上記関連情  
報を結合し、逆直交変換を施すことで上記特定の画像を出力するプログラムが  
記録された、記録媒体。

21. 特定サイズの画像と該特定サイズの画像を拡大した拡大画像の周波数  
成分より、各サイズの画像に共通と見做せる低周波成分を基本成分として抽出  
20 し、該基本成分と各拡大画像の残りの高周波成分についての関連情報を求め、  
上記基本成分と該関連情報とを合成して多重簡易画像データを生成するプログ  
ラムが記録された、記録媒体。

22. 特定サイズの画像と該特定サイズの画像を拡大した複数の拡大画像の  
周波数成分より、各サイズの画像に共通と見做せる低周波成分を基本成分とし  
25 て抽出し、上記基本成分と各拡大画像の残りの高周波成分についての関連情報  
を求め、上記基本成分と該関連情報とを合成することによって得られた多重簡

易画像データより、上記基本成分と上記関連情報とを復号するとともに、複合された上記基本成分と上記関連情報とを結合し、逆直交変換を施すことで上記特定の画像を所望のサイズに拡大して出力するプログラムが記録された、記録媒体。

- 5     2 3. 特定の画像データを所望の拡大サイズに拡大して拡大画像を得る画像処理装置において、

      上記特定の画像データに直交変換を施して原画像周波数成分を生成する原画像直交変換手段と、

- 上記原画像周波数成分に対し、非線形補間を行って上記拡大画像の周波数成分を推定する拡大周波数推定手段と、
- 10

      推定された上記拡大画像の周波数成分に、上記拡大サイズに対応する逆直交変換を施して拡大画像信号を得る逆直交変換手段とを備えることを特徴とする、画像処理装置。

- 2 4. 特定の画像データを所望の拡大サイズに拡大して拡大画像を得る画像処理装置において、
- 15

      上記特定の画像データに直交変換を施して原画像周波数成分を生成する原画像直交変換手段と、

      上記特定の画像データに所定のエッジ検出処理を施すことで、該特定の画像データのエッジ画像データを生成するエッジ生成手段と、

- 上記エッジ画像データに基づいて拡大エッジ画像の周波数成分を推定する拡大エッジ推定手段と、
- 20

      推定された上記拡大エッジ画像の周波数成分の低周波領域を上記原画像周波数成分で置換して置換周波数成分を生成する低周波置換手段と、

- 上記置換周波数成分を逆直行変換して上記拡大画像を得る逆直行変換手段とを備えることを特徴とする、画像処理装置。
- 25

      2 5. 上記拡大エッジ推定手段が、

上記エッジ画像データに線形近似を施すことで上記拡大画像のエッジ画像データを推定する拡大エッジ近似手段と、

上記拡大画像のエッジ画像データの周波数成分を直交変換により求めるエッジ画像周波数生成手段とを備える、請求項 2 4 に記載の画像処理装置。

5    2 6.    上記拡大エッジ推定手段が、

上記エッジ画像データの周波数成分を直交変換で生成するエッジ画像直交変換手段と、

生成された上記エッジ画像データの周波数成分に基づき、拡大後のエッジ画像データの周波数領域を推定するエッジ周波数推定手段とを備える、請求項 2  
10    4 に記載の画像処理装置。

2 7.    上記原画像直交変換手段で得られたエッジ画像データの周波数成分を線形補間することで、上記拡大後のエッジ画像データの周波数成分を推定する  
上記エッジ周波数推定手段を備える、請求項 2 5 に記載の画像処理装置。

2 8.    上記原画像直交変換手段で得られたエッジ画像データの周波数成分に  
15    対し、非線形補間手法を適用することで上記拡大後のエッジ画像データの周波数成分を推定する上記エッジ周波数推定手段を備える、請求項 2 5 に記載の画像処理装置。

2 9.    特定の画像データを所望の拡大サイズに拡大して拡大画像を得る画像処理装置において、

20    上記特定の画像データを複数の重複したブロックに分割するブロック分割手段と、

上記ブロック分割手段で得られたブロック内画像に直交変換を施してブロック内画像の周波数成分を生成するブロック画像直交変換手段と、

上記ブロック内画像の周波数成分に基づいて、ブロック内画像の拡大画像の  
25    周波数成分を推定する拡大ブロック画像周波数推定手段と、

推定された上記周波数成分より、上記拡大画像に必要なブロック内周波数成

分を抽出するブロック内周波数抽出手段と、

上記ブロック内周波数成分に、該ブロック内周波数成分のサイズに対応する逆直交変換を施して拡大ブロック画像を得るブロック逆直交変換手段と

複数の上記拡大ブロック画像を結合して上記拡大画像を得る拡大画像構成手段とを備えることを特徴とする、画像処理装置。

30. 特定の画像データを所望の拡大サイズに拡大して拡大画像を得る画像処理装置において、

上記特定の画像データを複数の重複のないブロックに分割するブロック分割手段と、

10 上記ブロック内の画像データを所定の変換関数に基づいて、上記ブロックの境界上で特定の境界条件を満たすように変換するブロック内データ変換手段と、

変換された上記ブロック内の画像データに直交変換を施してブロック内画像の周波数成分を生成するブロック画像直交変換手段と、

15 上記ブロック内画像の周波数成分に基づいて、ブロック内画像の拡大画像の周波数成分を推定する拡大ブロック画像周波数推定手段と、

推定された上記拡大画像の周波数成分に、該拡大画像の周波数成分サイズに対応する逆直交変換を施して拡大ブロック画像を得るブロック逆直交変換手段と

20 複数の上記拡大ブロック画像を結合して上記拡大画像を得る画像構成手段とを備えることを特徴とする、画像処理装置。

31. 特定のカラー画像データを所望の拡大サイズに拡大して拡大画像を得る画像処理装置において、

上記されたカラー画像を構成するカラー成分の中、基準となるカラー成分である基準成分を決定する基準成分選択手段と、

25 上記基準成分のデータから他のカラー成分のデータを導出する際の変換比率を導出する変換比率導出手段と、

上記基準成分のデータに直交変換を施して基準成分の周波数成分を生成する基準画像直交変換手段と、

上記基準成分の周波数成分より、拡大画像の周波数成分を推定する基準拡大周波数推定手段と、

- 5      上記基準成分の拡大画像の周波数成分に、該拡大画像の周波数成分のサイズに対応する逆直交変換を施して基準成分の拡大画像データを得る基準逆直交変換手段と、

上記基準成分の拡大画像データと上記変換比率とに基づいて上記拡大画像における他のカラー成分データを推定する不足成分拡大手段と、

- 10      上記基準成分の拡大画像データと、上記他のカラー成分データを合成することとで上記拡大画像を生成する拡大カラー画像再構成手段とを備えることを特徴とする、画像処理装置。

3 2. 特定の画像データを所望の拡大サイズに拡大して拡大画像を得る画像処理方法において、

- 15      上記特定の画像データに直交変換を施して原画像周波数成分を生成する原画像直交変換処理と、

上記原画像周波数成分に対し、非線形補間を行って上記拡大画像の周波数成分を推定する拡大周波数推定処理と、

- 20      推定された上記拡大画像の周波数成分に、上記拡大サイズに対応する逆直交変換を施して拡大画像信号を得る逆直交変換処理とを備えることを特徴とする、画像処理方法。

3 3. 特定の画像データを所望の拡大サイズに拡大して拡大画像を得る画像処理方法において、

- 25      上記特定の画像データに直交変換を施して原画像周波数成分を生成する原画像直交変換処理と、

所定の方法により上記特定の画像データのエッジ画像データを生成するエッ

ジ生成処理と、

上記エッジ画像データに線形近似を施すことで上記拡大画像のエッジ画像データを推定する拡大エッジ推定処理と、

- 上記拡大画像のエッジ画像データの周波数成分を直交変換により求めるエッジ画像周波数生成処理と、
- 5

上記エッジ画像データの周波数成分の低周波数領域を、上記原画像周波数成分により置換して置換周波数成分を生成する低周波置換処理と、

上記置換周波数成分を逆直交変換する逆直交変換処理とを備えることを特徴とする、画像処理方法。

- 10 3 4. 特定の画像データを所望の拡大サイズに拡大して拡大画像を得る画像処理方法において、

上記特定の画像データに直交変換を施して原画像周波数成分を生成する原画像直交変換処理と、

- 所定の方法により上記特定の画像データのエッジ画像データを生成するエッジ生成処理と、
- 15

上記エッジ画像データの周波数成分を直交変換で生成するエッジ画像直交変換処理と、

生成された上記エッジ画像の周波数成分に基づき、拡大後のエッジ画像の周波数領域を推定するエッジ周波数推定処理と、

- 20 上記拡大後のエッジ画像の周波数成分の低周波数領域を、上記原画像周波数成分により置換する低周波置換処理とを備えることを特徴とする、画像処理方法。

- 3 5. 上記原画像直交変換処理で得られたエッジ画像データの周波数成分を線形近似することで、上記拡大後のエッジ画像データの周波数成分を推定する
- 25 上記エッジ周波数推定処理を備える、請求項 3 4 に記載の画像処理方法。

3 6. 上記原画像直交変換処理で得られたエッジ画像データの周波数成分に

対し、非線形補間手法を適用することで上記拡大後のエッジ画像データの周波数成分を推定する上記エッジ周波数推定処理を備える、請求項 3 4 に記載の画像処理方法。

- 3 7. 特定の画像データを所望の拡大サイズに拡大して拡大画像を得る画像  
5 処理方法において、

上記特定の画像データを複数の重複したブロックに分割するブロック分割処理と、

上記ブロック分割手段で得られたブロック内画像に直交変換を施してブロック内画像の周波数成分を生成するブロック画像直交変換処理と、

- 10 上記ブロック内画像の周波数成分に基づいて、ブロック内画像の拡大画像の周波数成分を推定する拡大ブロック画像周波数推定処理と、

推定された上記周波数成分より、上記拡大画像に必要なブロック内周波数成分を抽出するブロック内周波数抽出処理と、

- 15 上記ブロック内周波数成分に、該ブロック内周波数成分のサイズに対応する逆直交変換を施して拡大ブロック画像を得るブロック逆直交変換処理と

複数の上記拡大ブロック画像を結合して上記拡大画像を得る拡大画像構成処理とを備えることを特徴とする、画像処理方法。

- 3 8. 特定の画像データを所望の拡大サイズに拡大して拡大画像を得る画像  
20 処理方法において、

- 20 上記特定の画像データを複数の重複のないブロックに分割するブロック分割処理と、

上記ブロック内の画像データを所定の変換関数に基づいて、上記ブロックの境界上で特定の境界条件を満たすように変換するブロック内データ変換処理と、

- 25 変換された上記ブロック内の画像データに直交変換を施してブロック内画像の周波数成分を生成するブロック画像直交変換処理と、

上記ブロック内画像の周波数成分に基づいて、ブロック内画像の拡大画像の

周波数成分を推定する拡大ブロック画像周波数推定処理と、

推定された上記拡大画像の周波数成分に、該拡大画像の周波数成分サイズに対応する逆直交変換を施して拡大ブロック画像を得るブロック逆直交変換処理と

- 5 複数の上記拡大ブロック画像を結合して上記拡大画像を得る画像構成処理とを備えることを特徴とする、画像処理方法。

39. 特定のカラー画像データを所望の拡大サイズに拡大して拡大画像を得る画像処理方法において、

- 10 上記特定のカラー画像を構成するカラー成分の中で、基準となるカラー成分である基準成分を決定する基準成分選択処理と、

上記基準成分のデータから他のカラー成分のデータを導出する際の変換比率を導出する変換比率導出処理と、

上記基準成分のデータに直交変換を施して基準成分の周波数成分を生成する基準画像直交変換処理と、

- 15 上記基準成分の周波数成分より、拡大画像の周波数成分を推定する基準拡大周波数推定処理と、

上記基準成分の拡大画像の周波数成分に、該拡大画像の周波数成分のサイズに対応する逆直交変換を施して基準成分の拡大画像データを得る基準逆直交変換処理と、

- 20 上記基準成分の拡大画像データと上記変換比率とに基づいて上記拡大画像における他のカラー成分データを推定する不足成分拡大処理と、

上記基準成分の拡大画像データと、上記他のカラー成分データを合成することで上記拡大画像を生成する拡大カラー画像再構成処理とを備えることを特徴とする、画像処理方法。

- 25 40. 特定の画像データを所望の拡大サイズに拡大して拡大画像を得る際に、該特定の画像データに直交変換を施して原画像周波数成分を生成し、該原画像



周波数成分に対して非線形補間を行って上記拡大画像の周波数成分を推定し、推定された上記拡大画像の周波数成分に上記拡大サイズに対応する逆直交変換を施して上記拡大画像を得るプログラムが記録された、記録媒体。

- 4 1. 特定の画像データを所望の拡大サイズに拡大して拡大画像を得る際に、
- 5 該特定の画像データに直交変換を施して原画像周波数成分を生成するとともに、所定の方法により該特定の画像データのエッジ画像データを生成し、該エッジ画像データに線形近似を施すことで上記拡大画像のエッジ画像データを推定し、該拡大画像のエッジ画像データの周波数成分を直交変換により求め、該周波数成分の低周波数領域を上記原画像周波数成分により置換して置換周波数成分を
- 10 生成し、該置換周波数成分に逆直交変換を施して上記拡大画像を得るプログラムが記録された、記録媒体。

- 4 2. 特定の画像データを所望の拡大サイズに拡大して拡大画像を得る際に、該特定の画像データに直交変換を施して原画像周波数成分を生成するとともに、所定の方法により該特定の画像データのエッジ画像データを生成し、該エッジ
- 15 画像データの周波数成分を直交変換で生成し、該エッジ画像の周波数成分に基づいて拡大後のエッジ画像の周波数領域を推定するとともに、該拡大後のエッジ画像の周波数成分の低周波数領域を、上記原画像周波数成分により置換するプログラムが記録された、記録媒体。

- 4 3. 特定の画像データを所望の拡大サイズに拡大して拡大画像を得るさい
- 20 に、該特定の画像データを複数の重複したブロックに分割し、得られたブロック内画像に直交変換を施してブロック内画像の周波数成分を生成し、該ブロック内画像の周波数成分に基づいて、ブロック内画像の拡大画像の周波数成分を推定するとともに、推定された上記周波数成分より、上記拡大画像に必要なブロック内周波数成分を抽出し、該ブロック内周波数成分に、該ブロック内周波
- 25 数成分のサイズに対応する逆直交変換を施して拡大ブロック画像を得、該複数の上記拡大ブロック画像を結合して上記拡大画像を得るプログラムが記録され

た、記録媒体。

4 4. 特定の画像データを所望の拡大サイズに拡大して拡大画像を得る際に、  
該特定の画像データを複数の重複のないブロックに分割し、該ブロック内の画  
像データを所定の変換関数に基づいて、該ブロックの境界上で特定の境界条件  
5 を満たすように変換し、変換された該ブロック内の画像データに直交変換を施  
してブロック内画像の周波数成分を生成するとともに、該ブロック内画像の周  
波数成分に基づいて、ブロック内画像の拡大画像の周波数成分を推定し、該拡  
大画像の周波数成分に、該拡大画像の周波数成分サイズに対応する逆直交変換  
を施して拡大ブロック画像を得、該複数の上記拡大ブロック画像を結合して上  
10 記拡大画像を得るプログラムが記録された、記録媒体

4 5. 特定のカラー画像データを所望の拡大サイズに拡大して拡大画像を得  
る際に、該特定のカラー画像を構成するカラー成分の中、基準となるカラー成  
分である基準成分を決定し、該基準成分のデータから他のカラー成分のデー  
タを導出する際の変換比率を導出し、該基準成分のデータに直交変換を施して基  
15 準成分の周波数成分を生成し、該基準成分の周波数成分より、拡大画像の周波  
数成分を推定するとともに、該基準成分の拡大画像の周波数成分に、該拡大画  
像の周波数成分のサイズに対応する逆直交変換を施して基準成分の拡大画像デ  
ータを得、該基準成分の拡大画像データと上記変換比率とに基づいて上記拡大  
画像における他のカラー成分データを推定することにより上記拡大画像を得る  
20 プログラムが記録された、記録媒体。

4 6.  $n$ 画素 $\times m$ 画素の原画像を拡大処理して $L_n$ 画素 $\times L_m$ 画素の拡大画像を得  
る画像処理装置において、

上記原画像を $L_n/2$ 画素 $\times L_m/2$ 画素に補間又は間引き（以下まとめて「調整」  
という）する入力画像調整手段と、

25 上記入力画像調整手段により調整された画像にウェーブレット変換に基づく  
拡大方法を適用して拡大画像を生成する画像拡大手段とを備えることを特徴と

する、画像処理装置。

47. 原画像を拡大処理して拡大画像を得る画像処理装置において、

拡大対象画像として原画像を設定する拡大処理初期化手段と、

上記拡大対象画像にウェーブレット変換に基づく拡大方法を適用することに

5 より、4倍の画素数を持つ拡大画像を生成する対象画像拡大手段と、

上記対象画像拡大手段により得られた拡大画像を拡大対象画像に設定し、対象画像拡大手段に処理を戻す多重処理終了判定手段と、

上記対象画像拡大手段により得られた拡大画像を視覚的に提示する拡大画像提示手段と、

10 上記拡大画像提示手段により提示された拡大画像に対し、拡大処理または縮小処理を行う画像調整手段と、

上記画像調整手段により得られた画像を出力する拡大画像出力手段とを備えることを特徴とする、画像処理装置。

48. 上記画像拡大手段が、

15 上記入力画像調整手段により調整された画像の複数の特定方向のエッジ画像を生成するエッジ生成手段と、

上記各エッジ画像及び、調整された上記原画像とをウェーブレット変換におけるサブバンド成分と見なし、このサブバンド成分に対して逆ウェーブレット変換を施して4倍の画素数を持つ拡大画像を生成するレベルアップ手段とを備

20 える、請求項46及び47に記載の画像処理装置。

49. 上記複数の特定方向が、垂直、水平及び斜めの3方向である、請求項48に記載の画像処理装置。

50. 上記画像拡大手段が、

調整された上記原画像の水平、垂直方向画素数が2の倍数になるように再調

25 整する入力微調整手段と、

再調整された上記原画像にウェーブレット変換を施して変換画像を生成する

レベルダウン手段と、

上記変換画像の低周波領域に位置する複数のサブバンド成分より上記複数の特定方向のエッジ画像を生成する参照成分生成手段と、

上記各エッジ画像と、上記変換画像の上記特定の方向に対応する低周波領域  
5 に属するサブバンド成分との関連を求める補正推定手段と、

上記各エッジ画像を上記補正推定手段の結果により補正してウェーブレット変換における各サブバンド成分を推定する成分推定手段と、

上記各サブバンド成分及び再調整された上記原画像に対して逆ウェーブレット変換を施して4倍の画素数を持つ拡大画像を生成するレベルアップ手段とを  
10 備える、請求項4 6及び4 7に記載の画像処理装置。

5 1. 上記参照成分生成手段が、上記変換画像の低周波領域に位置するサブバンド成分からラプラシフィルタ処理により上記各エッジ画像を求める、請求項5 0に記載の画像処理装置。

5 2. 上記 $L_n/2$ および $L_m/2$ の値が整数である場合に、入力された原画像を上  
15 記入力調整手段により調整し、調整された原画像に対して上記画像拡大手段により拡大画像を生成し、

$L_n/2$ または $L_m/2$ の少なくとも一方の値が整数でない場合には、入力された原画像を上記入力調整手段により調整し、調整された画像に対して上記画像拡大手段により拡大画像を生成し、その後、上記画像拡大手段で得られた拡大画像  
20 を拡大画像調整手段により $L_n$ 画素 $\times$  $L_m$ 画素に調整する、請求項4 6及び4 7に記載の画像処理装置。

5 3.  $n$ 画素 $\times$  $m$ 画素のカラー画像を拡大処理して $L_n$ 画素 $\times$  $L_m$ 画素の拡大画像を得るカラー画像処理装置において、

上記カラー画像構成成分より基本カラー成分を選択する基本成分選択手段と、

25 上記基本成分選択手段で選択された基本カラー成分から他のカラー成分を導出する際の変換比率を導出する変換比率導出手段と、

入力された原画像の基本カラー成分を $L_n/2$ 画素 $\times L_m/2$ 画素に調整する基本成分画像調整手段と、

調整された上記基本カラー成分にウェーブレット変換に基づく方法を適用して基本拡大画像を生成する基本画像拡大手段と、

- 5     上記基本拡大画像を所望の $L_n$ 画素 $\times L_m$ 画素に調整する基本拡大画像調整手段と、

調整された上記基本拡大画像に上記変換比率を適用することで他のカラー成分の拡大画像を推定する不足成分拡大手段と、

- 10    上記基本拡大画像と、上記他のカラー成分の拡大画像を合成することにより上記拡大画像を生成する拡大カラー画像再構成手段とを備えることを特徴とする、画像処理装置。

5 4.   上記補正推定手段が、

上記各特定方向のエッジ画像と、上記変換画像の該各特定方向に対応する低周波領域に属するサブバンド成分との差分画像を各補正成分画像として求め、

- 15    上記成分推定手段が、

上記各補正成分画像を線形補間により4倍の画素数の画像に拡大し、対応するエッジ画像に加えることで補正処理を行う、請求項50に記載の画像処理装置。

- 20    5 5.    $n$ 画素 $\times m$ 画素の原画像を拡大処理して $L_n$ 画素 $\times L_m$ 画素の拡大画像を得る画像処理方法において、

上記原画像を $L_n/2$ 画素 $\times L_m/2$ 画素に調整する入力画像調整処理と、

上記入力画像調整手段により調整された画像にウェーブレット変換に基づく拡大方法を適用して拡大画像を生成する画像拡大処理とを備えることを特徴とする、画像処理方法。

- 25    5 6.   原画像を拡大処理して拡大画像を得る画像処理方法において、

拡大対象画像として原画像を設定する拡大処理初期化処理と、

上記拡大対象画像にウェーブレット変換に基づく拡大方法を適用することにより、4倍の画素数を持つ拡大画像を生成する対象画像拡大処理と、

上記対象画像拡大手段により得られた拡大画像を拡大対象画像に設定し、対象画像拡大手段に処理を戻す多重処理終了判定処理と、

- 5      上記対象画像拡大手段により得られた拡大画像を視覚的に提示する拡大画像提示処理と、

上記拡大画像提示手段により提示された拡大画像に対し、拡大処理または縮小処理を行う画像調整処理と、

- 10      上記画像調整手段により得られた画像を出力する拡大画像出力処理とを備えることを特徴とする、画像処理方法。

57.  $n$ 画素 $\times m$ 画素の原画像を拡大処理して $L_n$ 画素 $\times L_m$ 画素の拡大画像を得る際に、上記原画像を $L_n/2$ 画素 $\times L_m/2$ 画素に調整し、該調整された画像にウェーブレット変換に基づく拡大方法を適用して拡大画像を生成するプログラムが記録された、記録媒体。

- 15      58. 原画像を拡大処理して拡大画像を得る際に、拡大対象画像として原画像を設定し、該拡大対象画像にウェーブレット変換に基づく拡大方法を適用することにより、4倍の画素数を持つ拡大画像を生成し、該拡大画像を拡大対象画像として設定して対象画像拡大手段に処理を戻すとともに、上記拡大画像を視覚的に提示し、該拡大画像に対し拡大処理または縮小処理を行うプログラム  
20      が記録された、記録媒体。

図 1

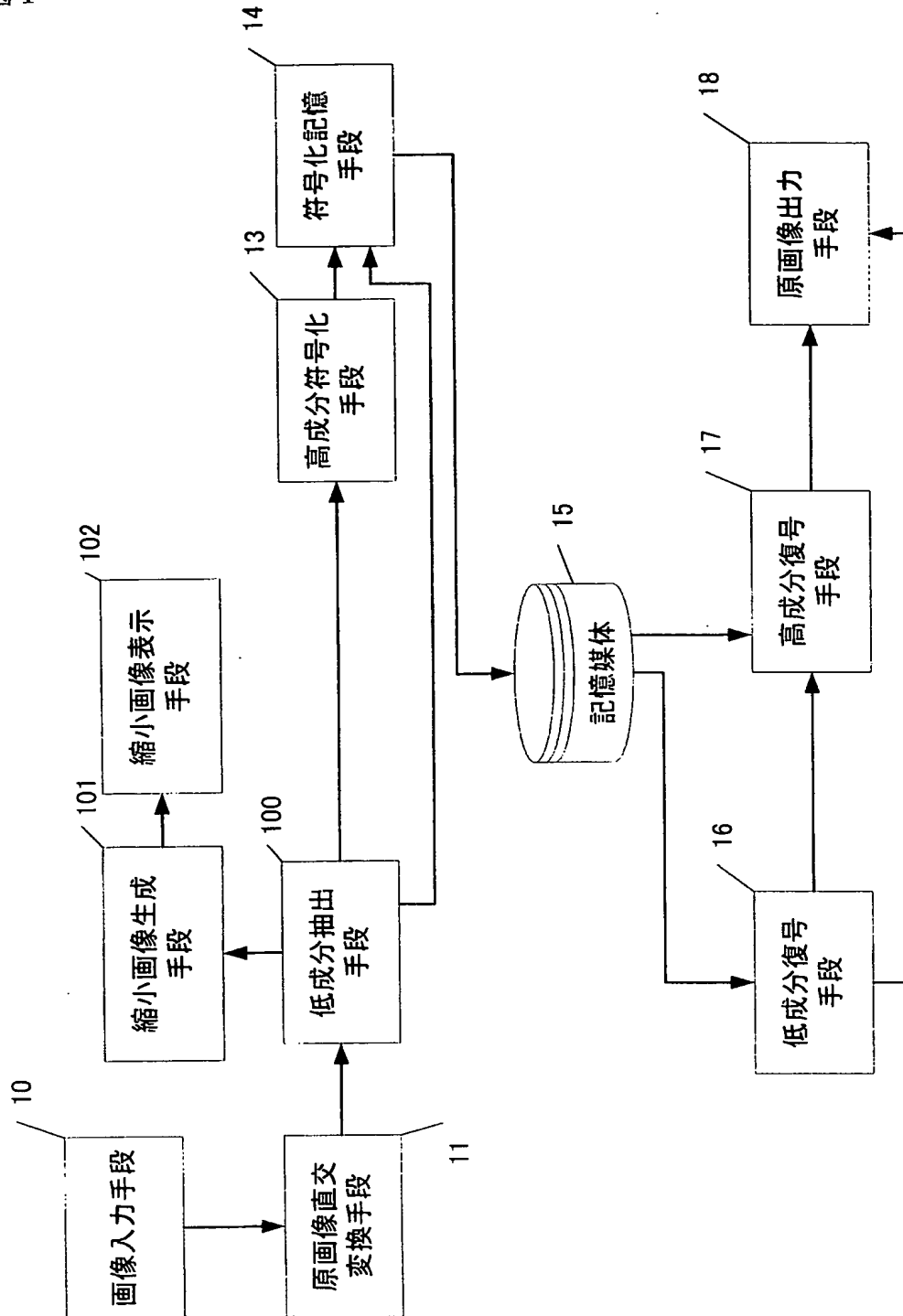


図 2

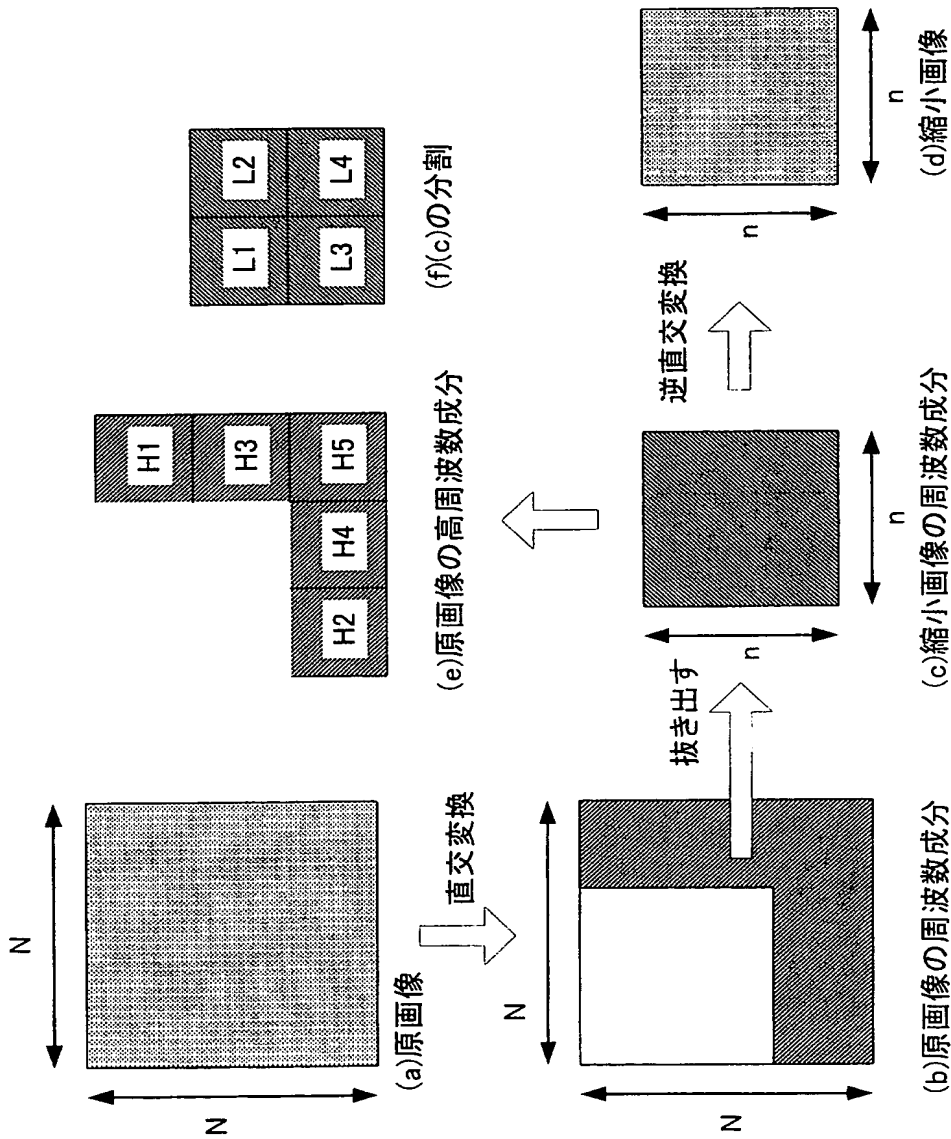




図 3

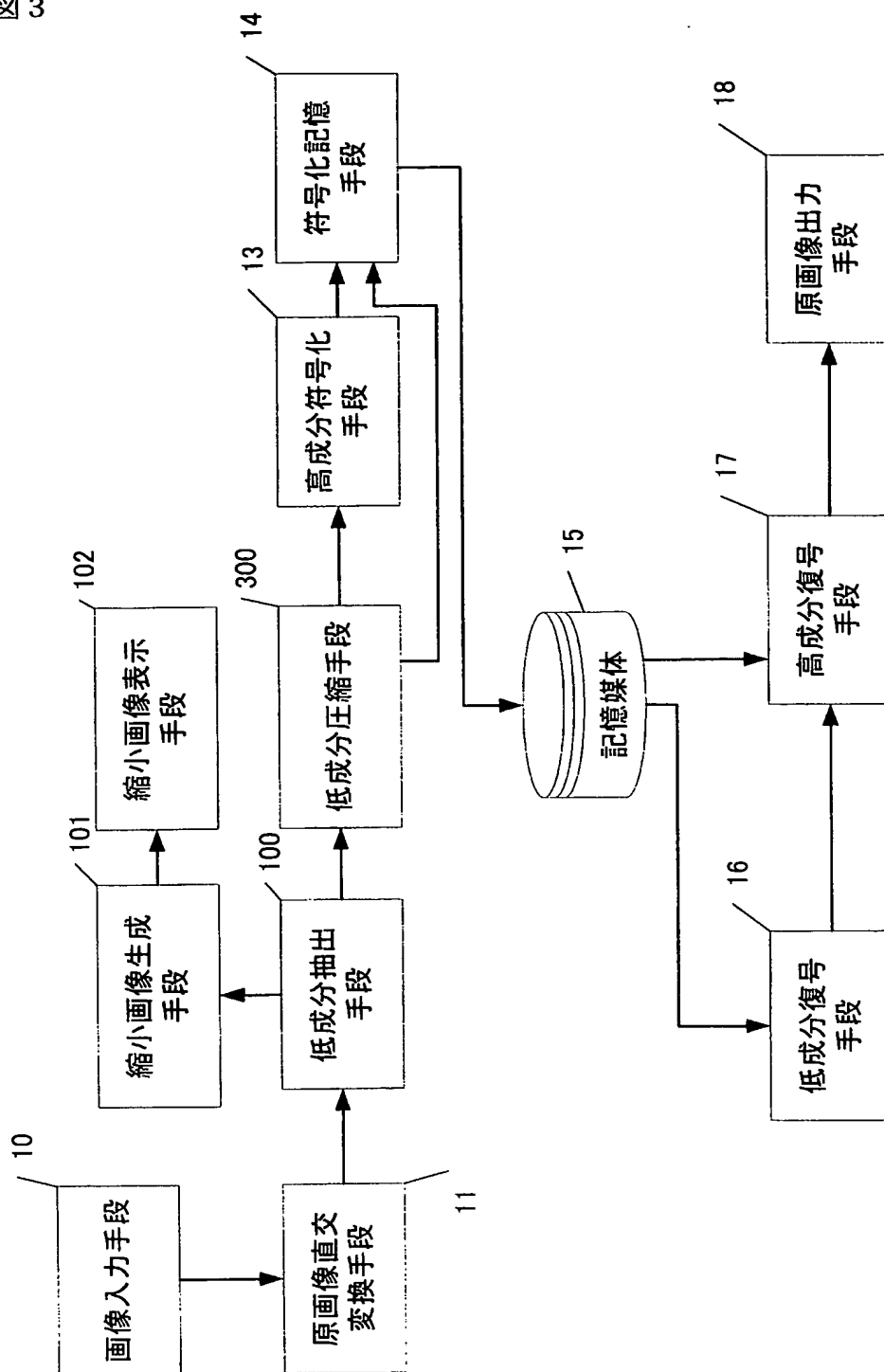


図 4

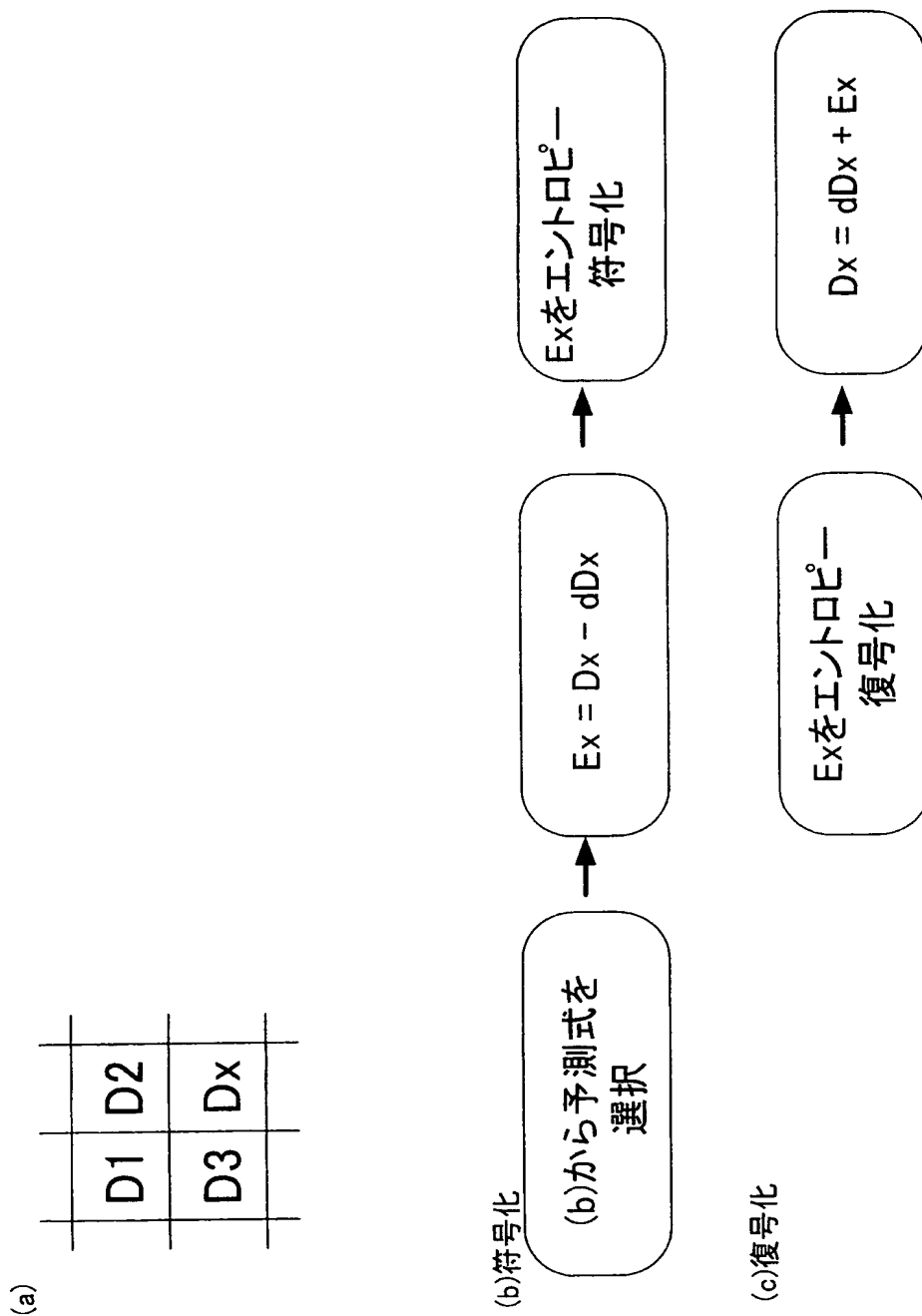


図 5

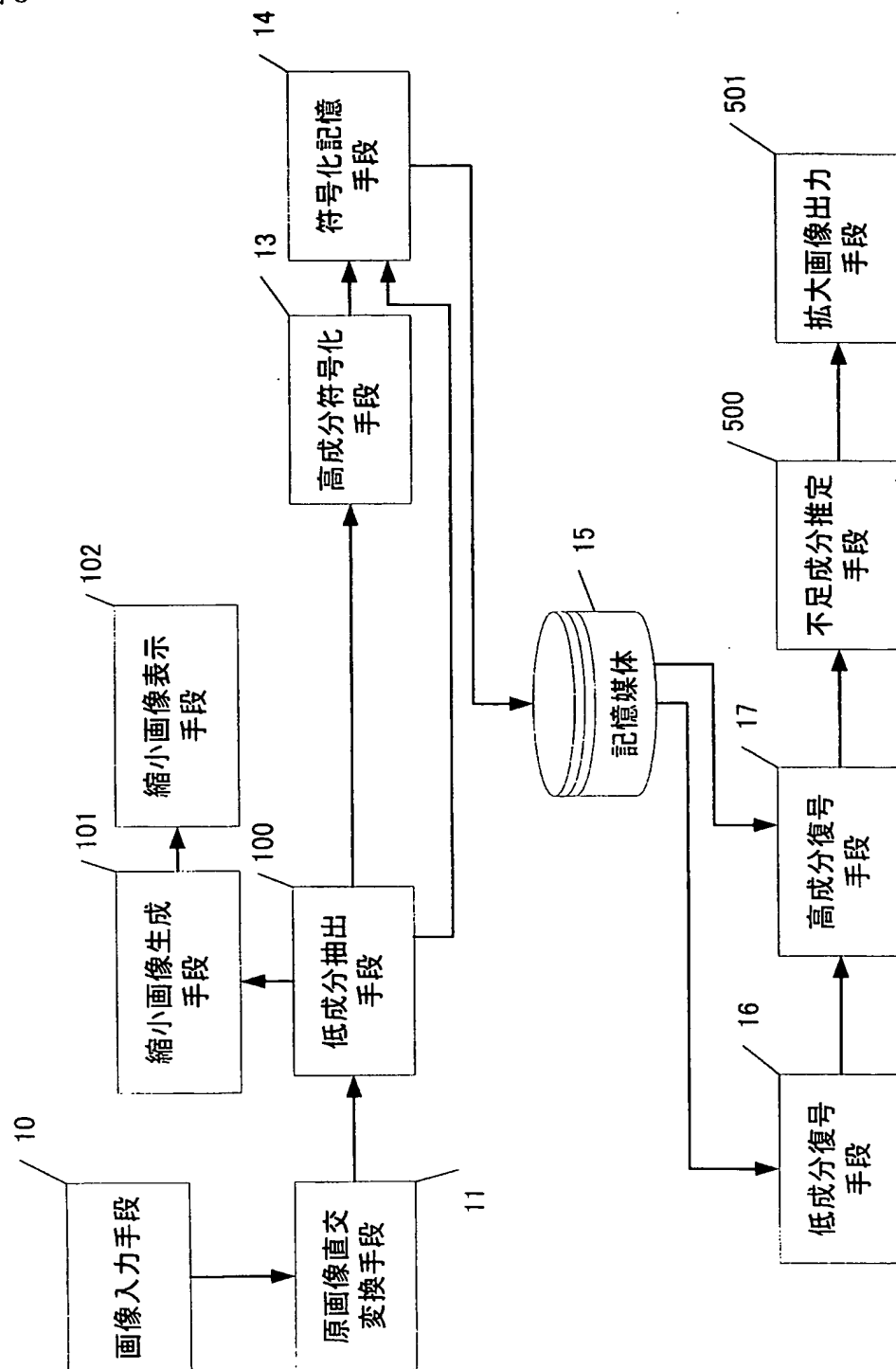


図 6

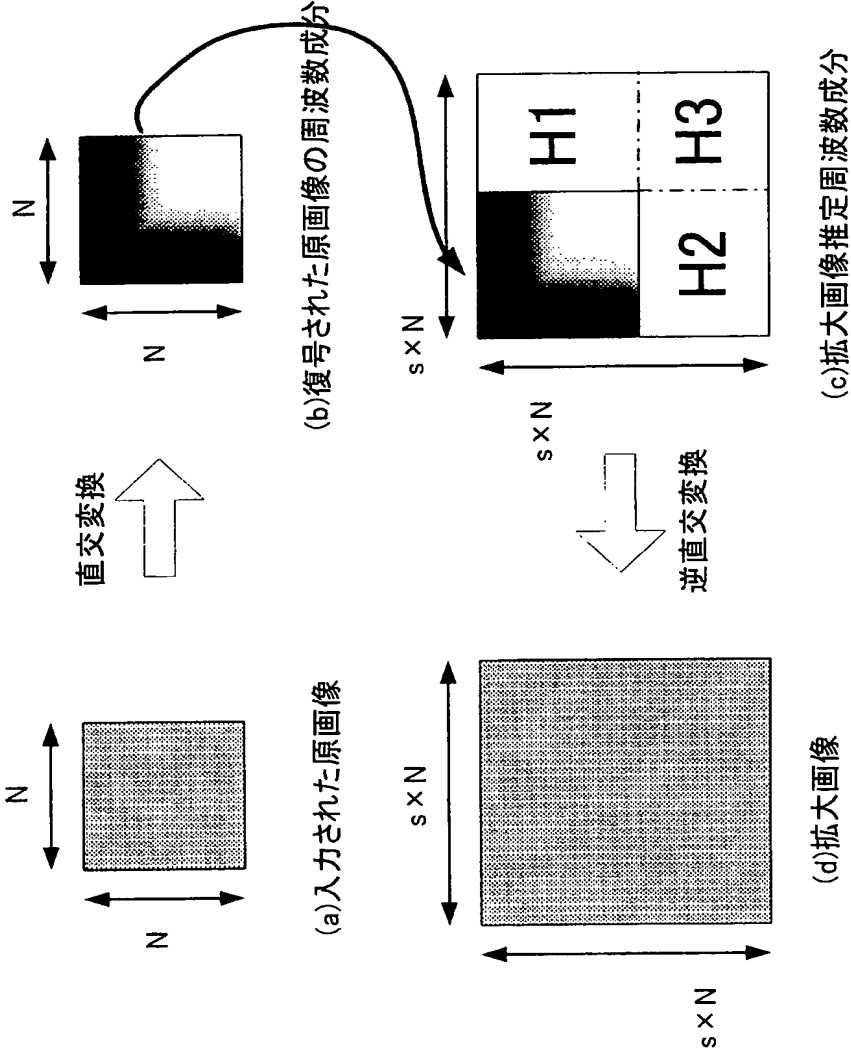


図 7

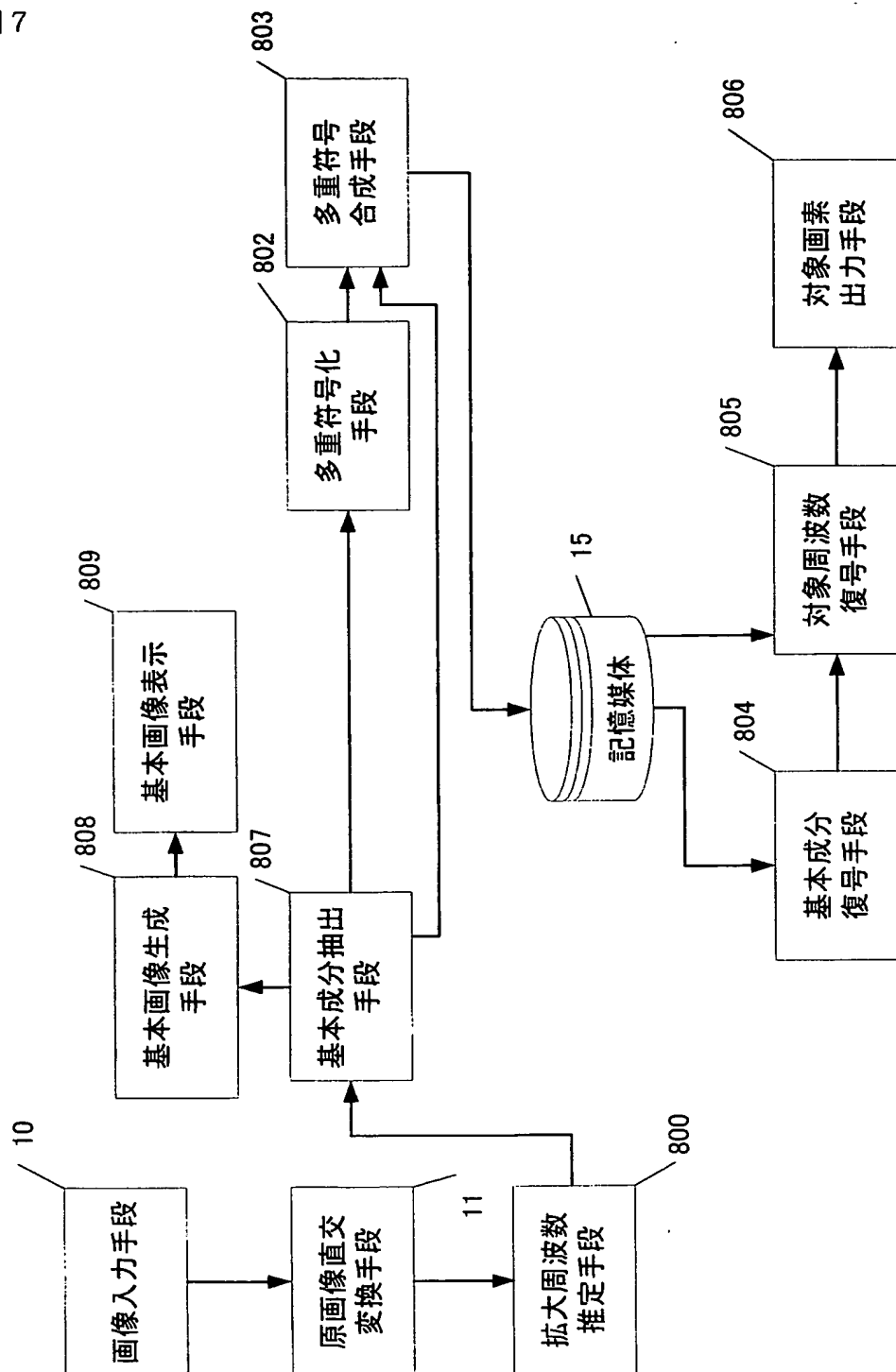


図 8

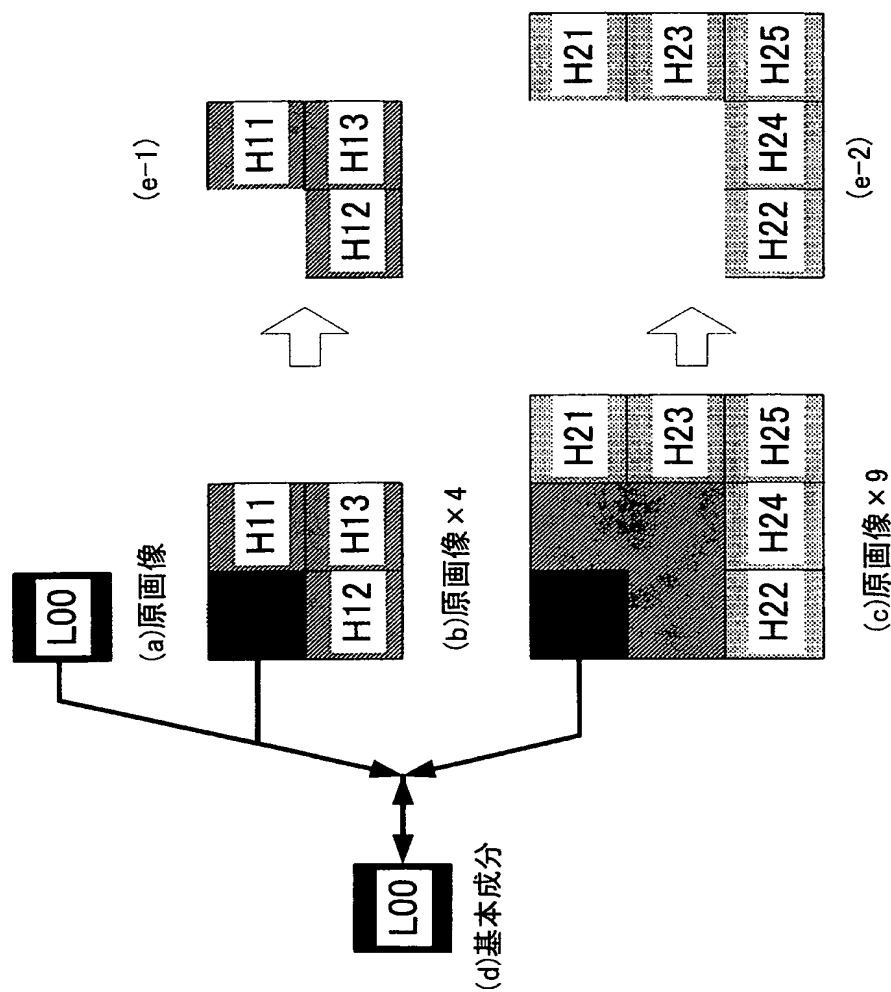


図 9

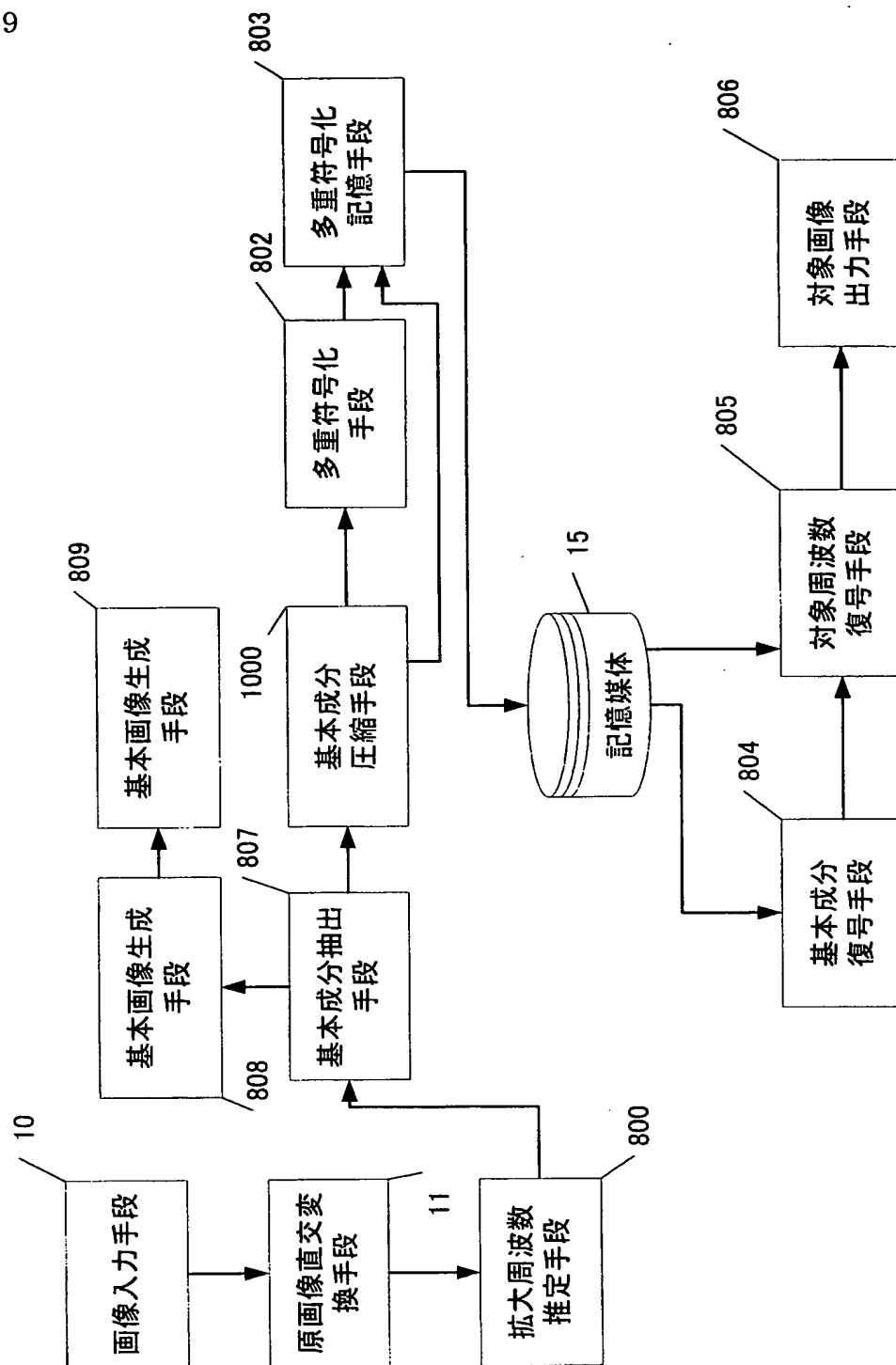


図 10

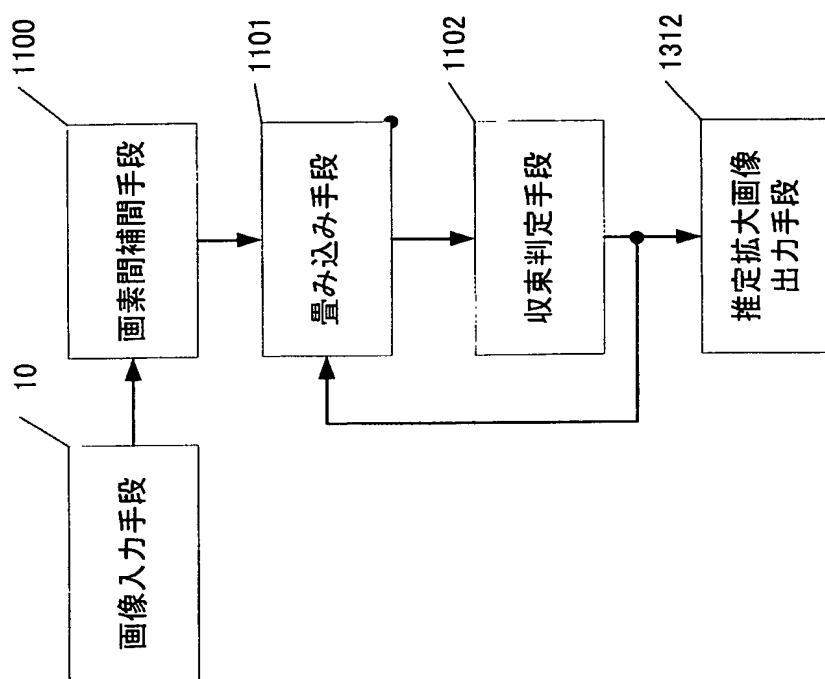




図 11

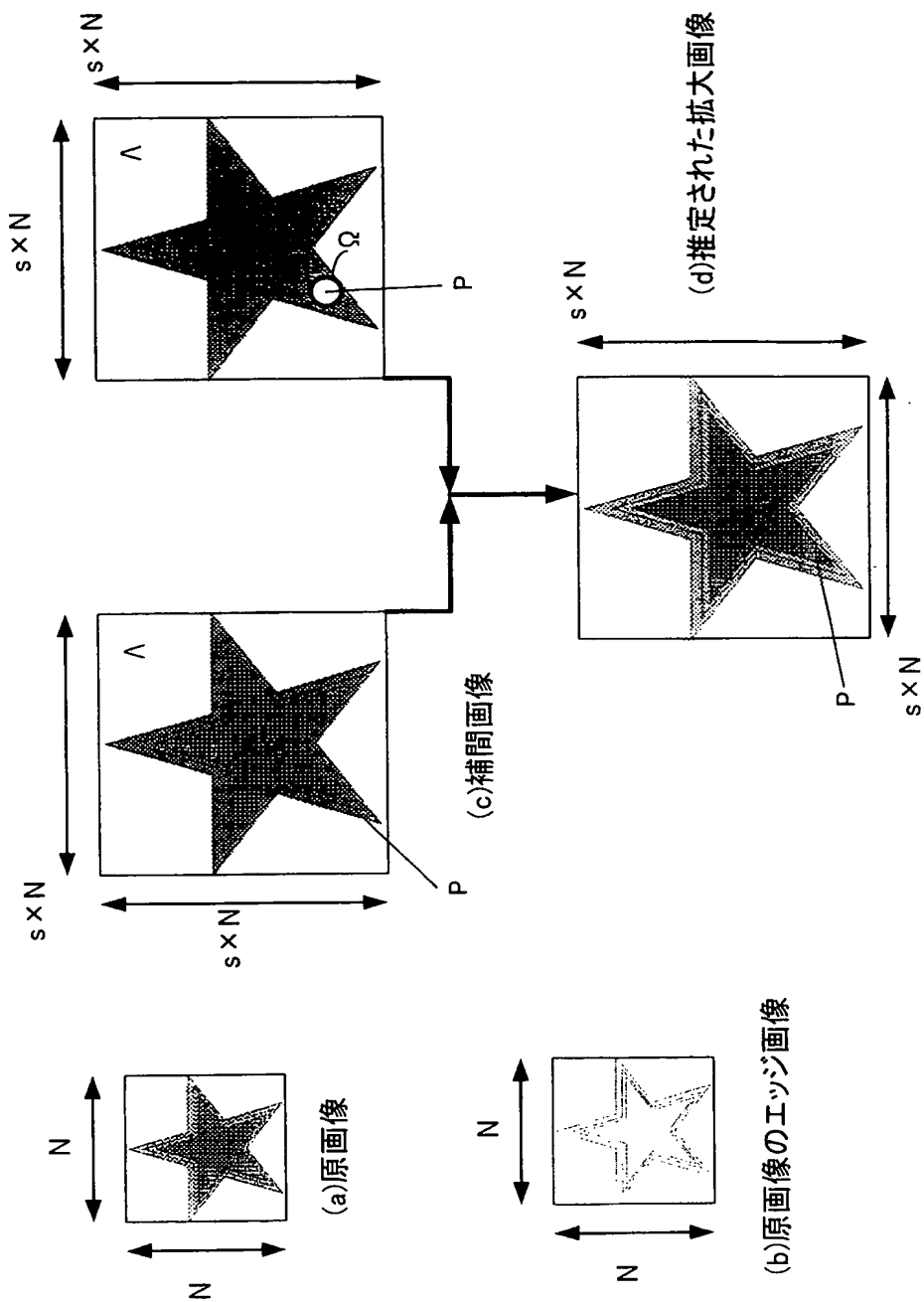


图 1 2

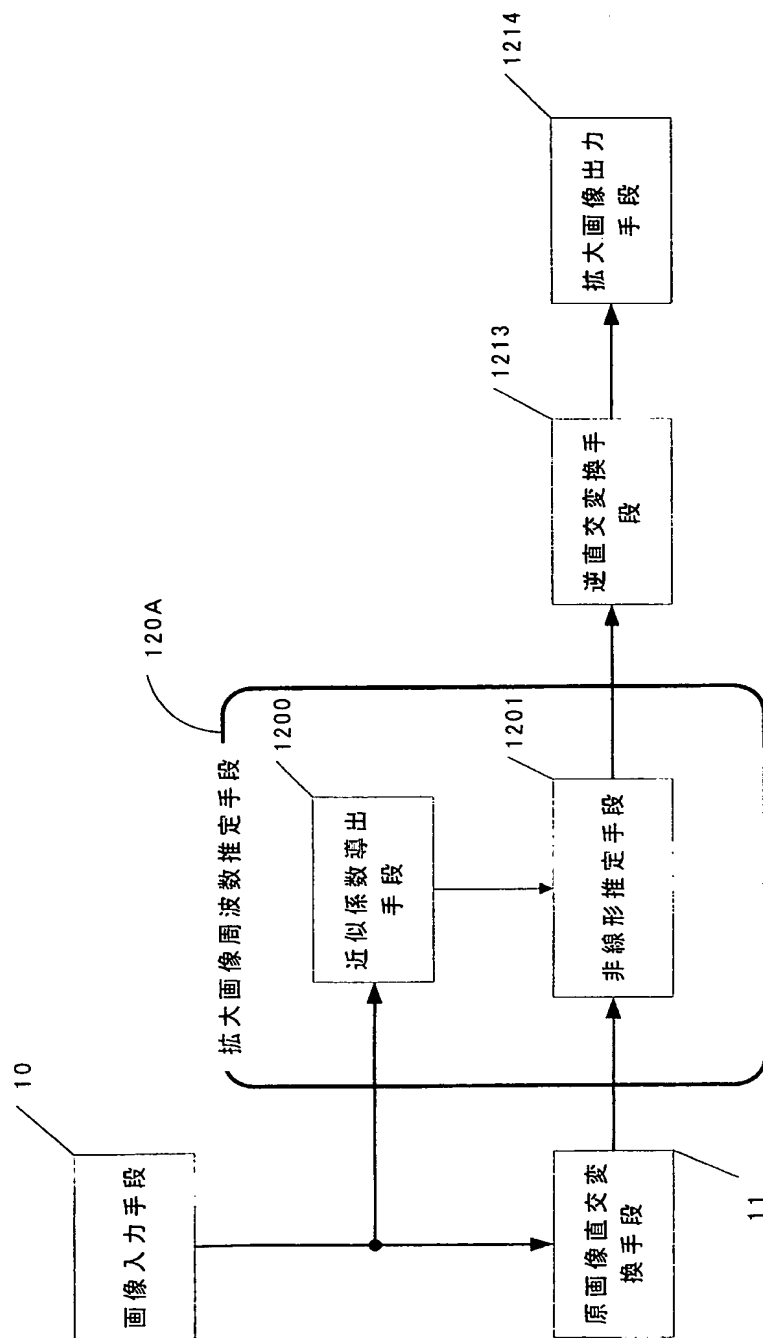


図 1 3

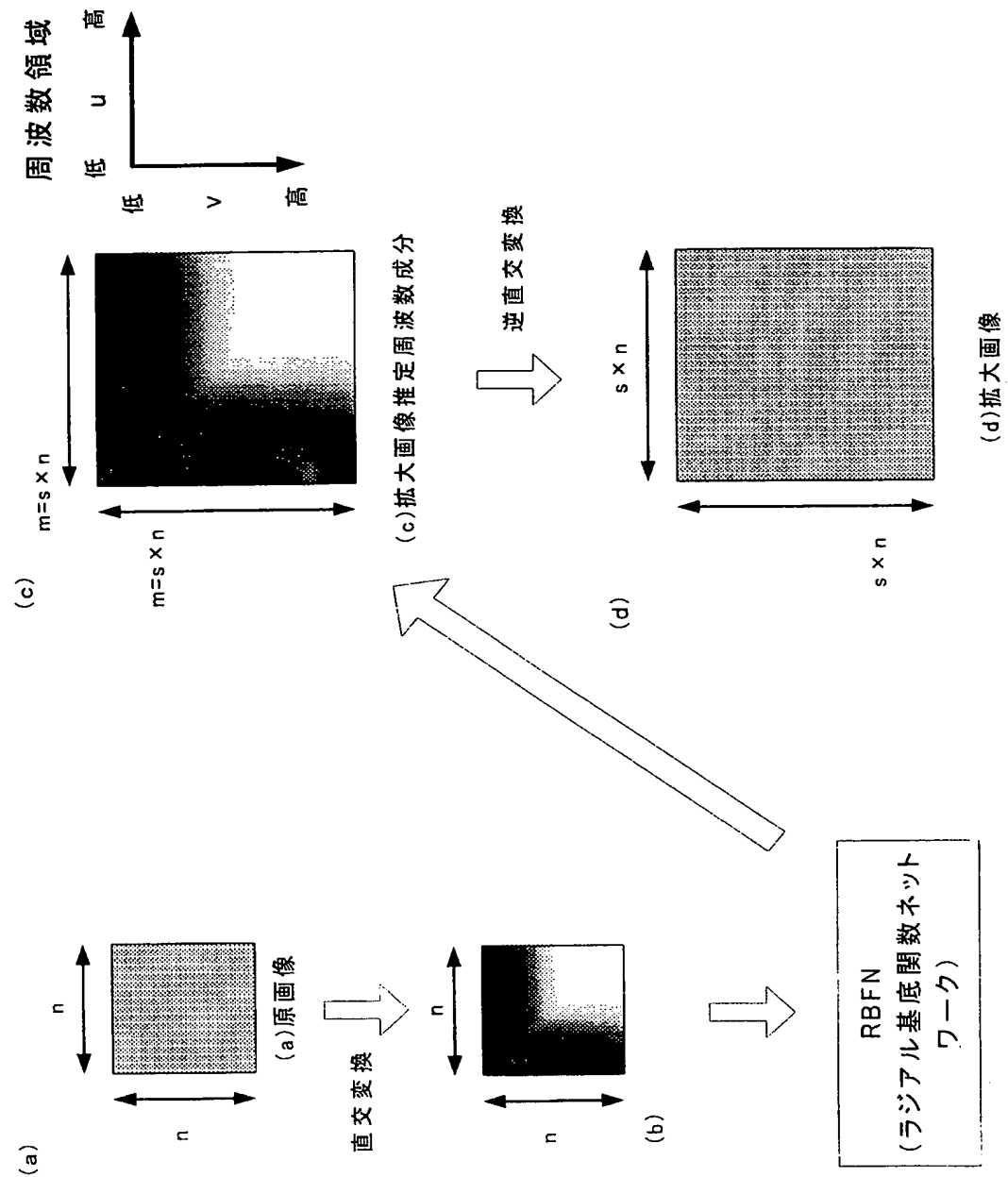


図 1 4

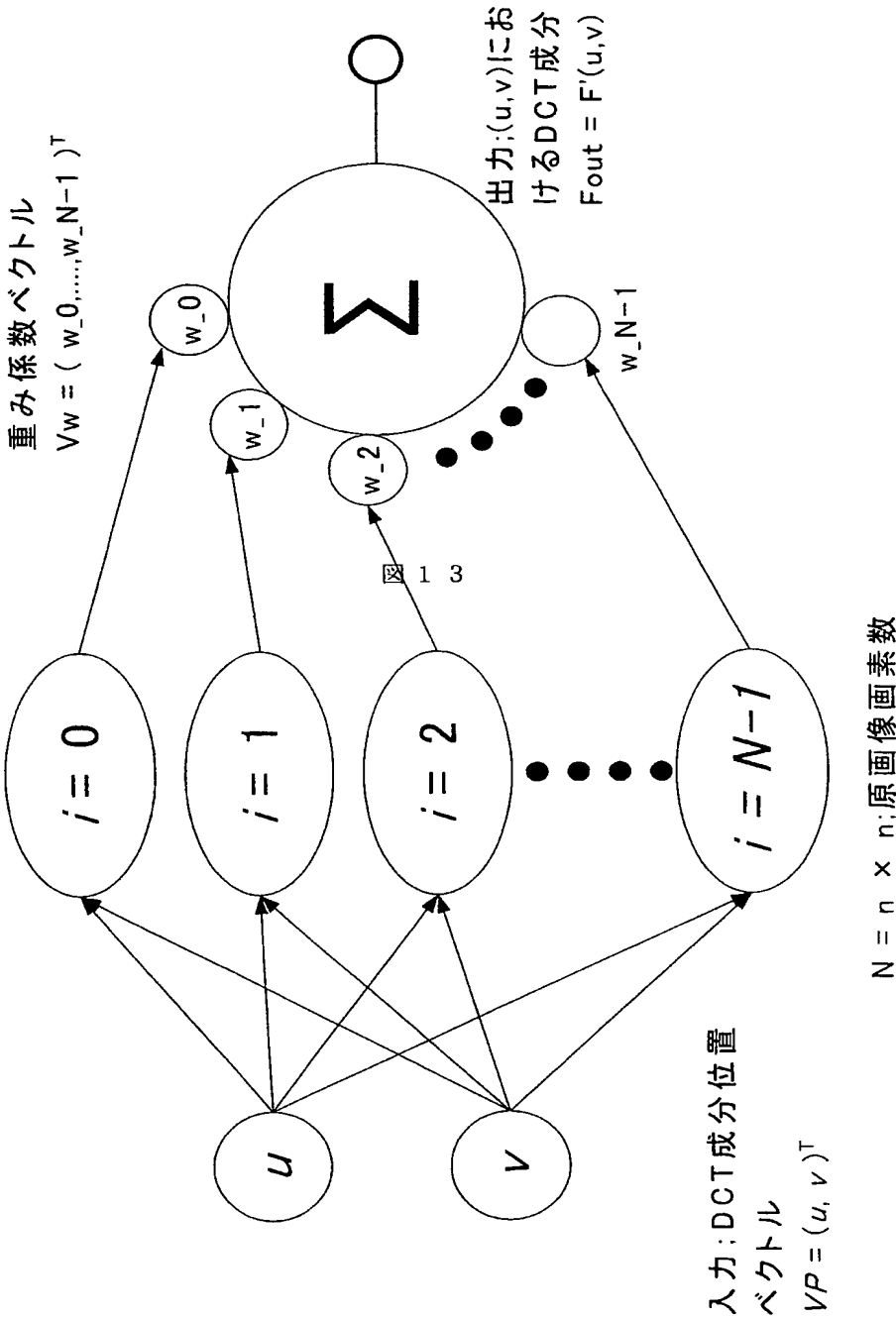


図 15

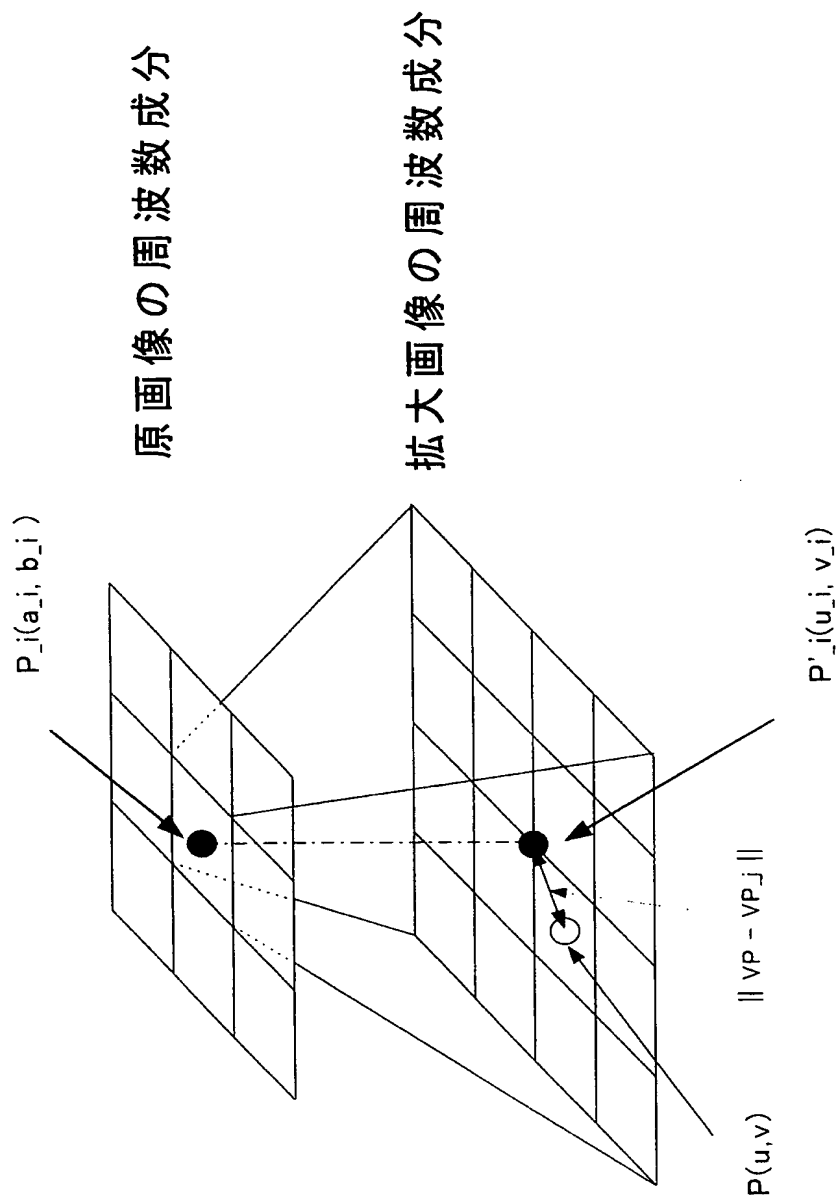
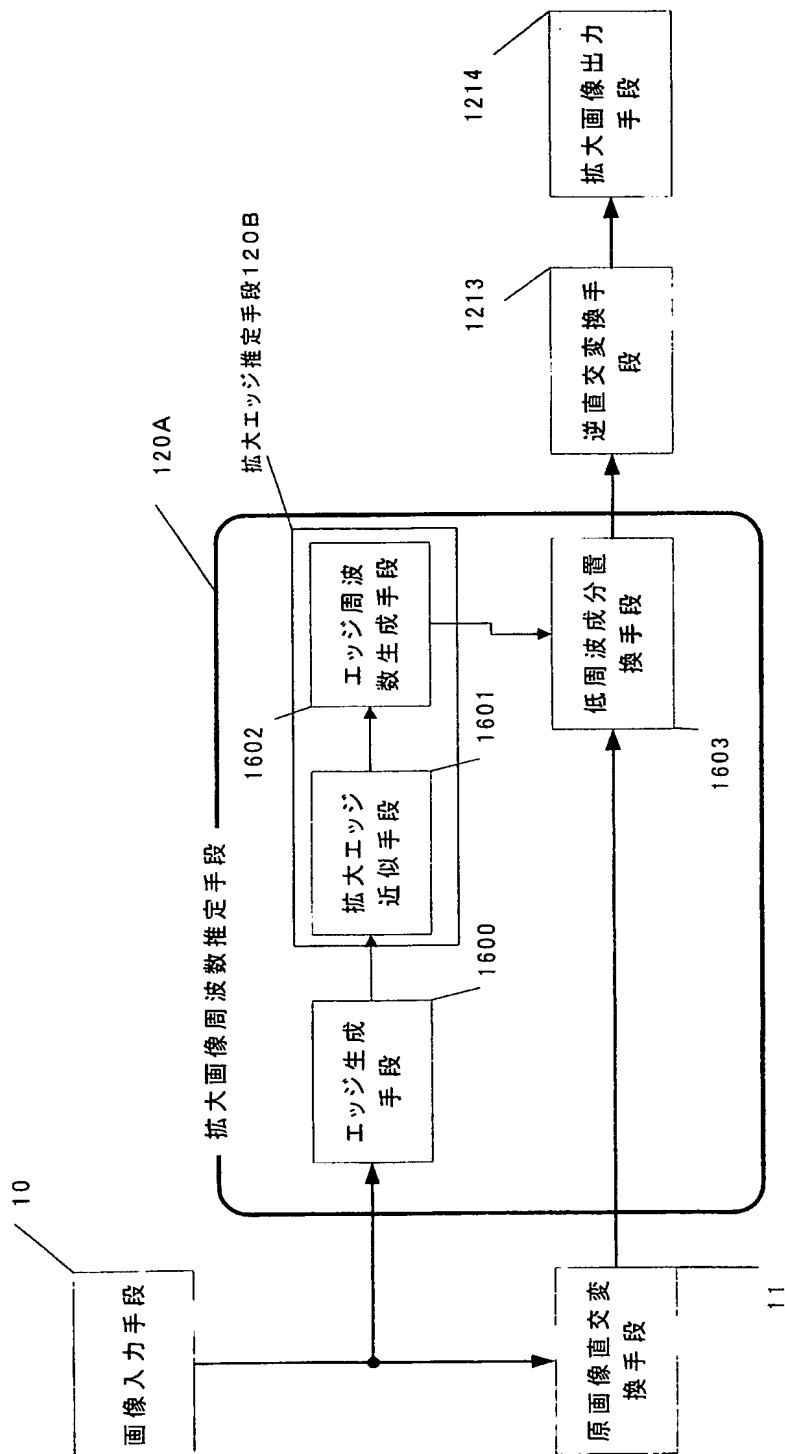


図 1 6



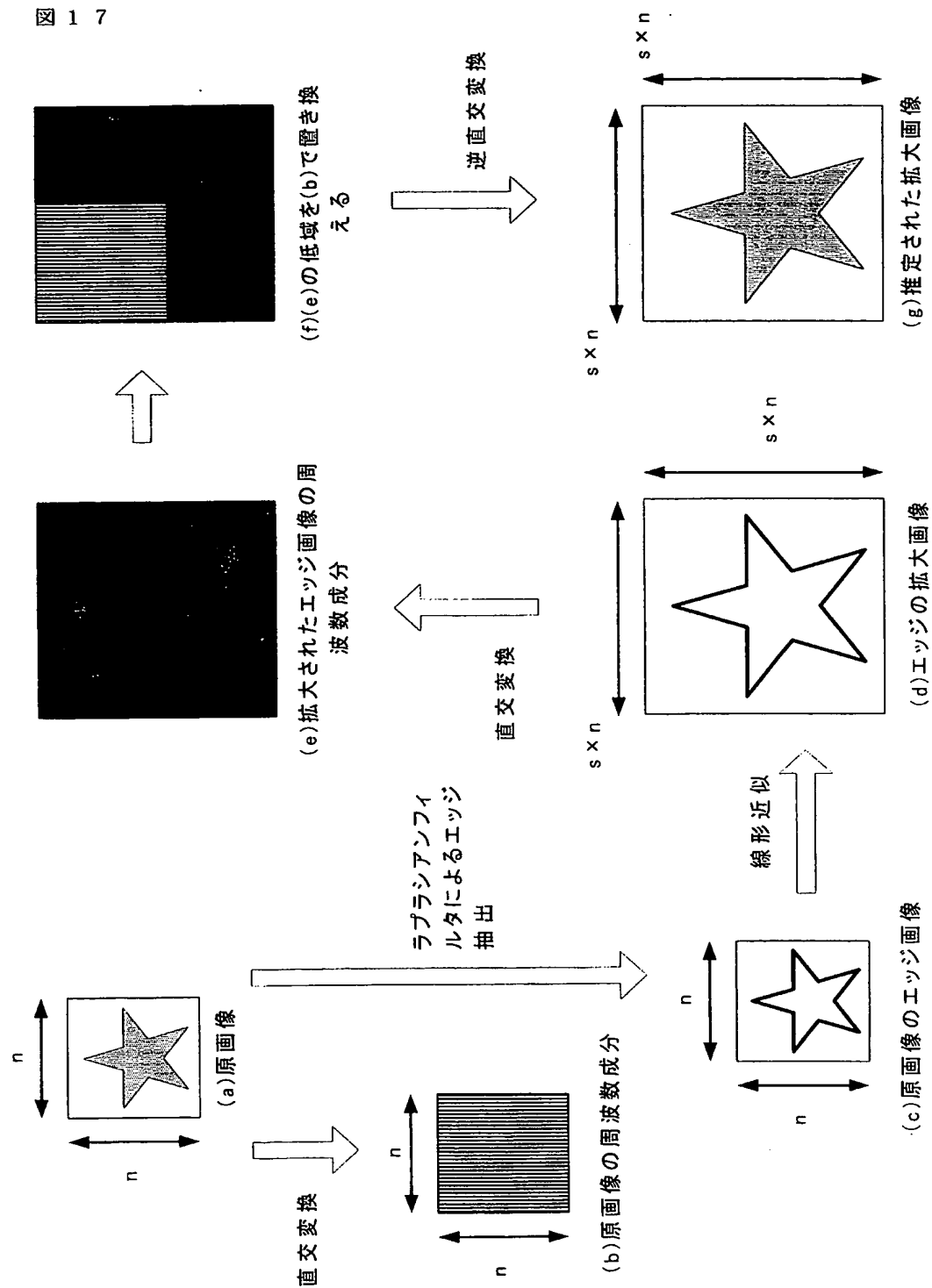


図 18

|    |    |    |
|----|----|----|
| 0  | -1 | 0  |
| -1 | 4  | -1 |
| 0  | -1 | 0  |

(b)

|    |    |    |
|----|----|----|
| -1 | -1 | -1 |
| -1 | 8  | -1 |
| -1 | -1 | -1 |

(a)



図 1 9

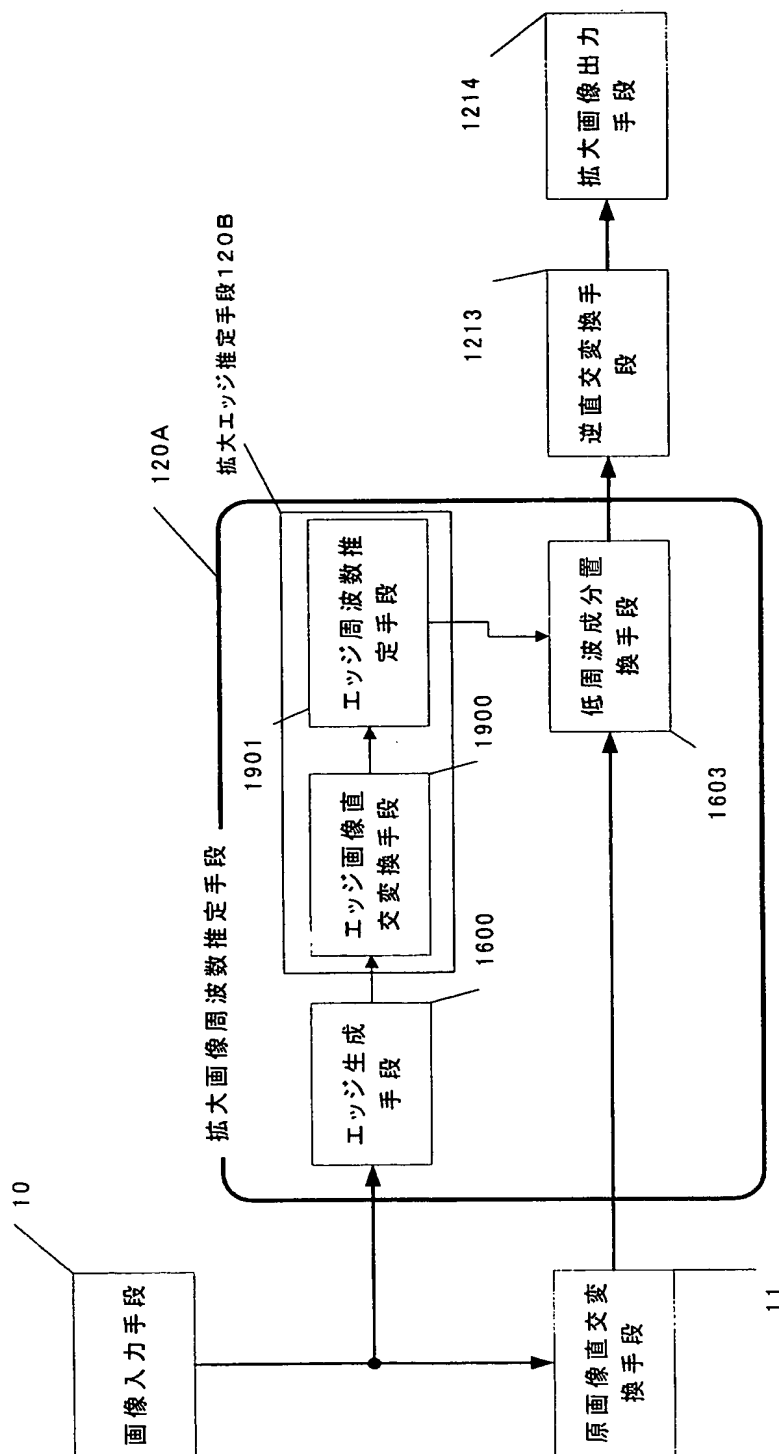


图 20

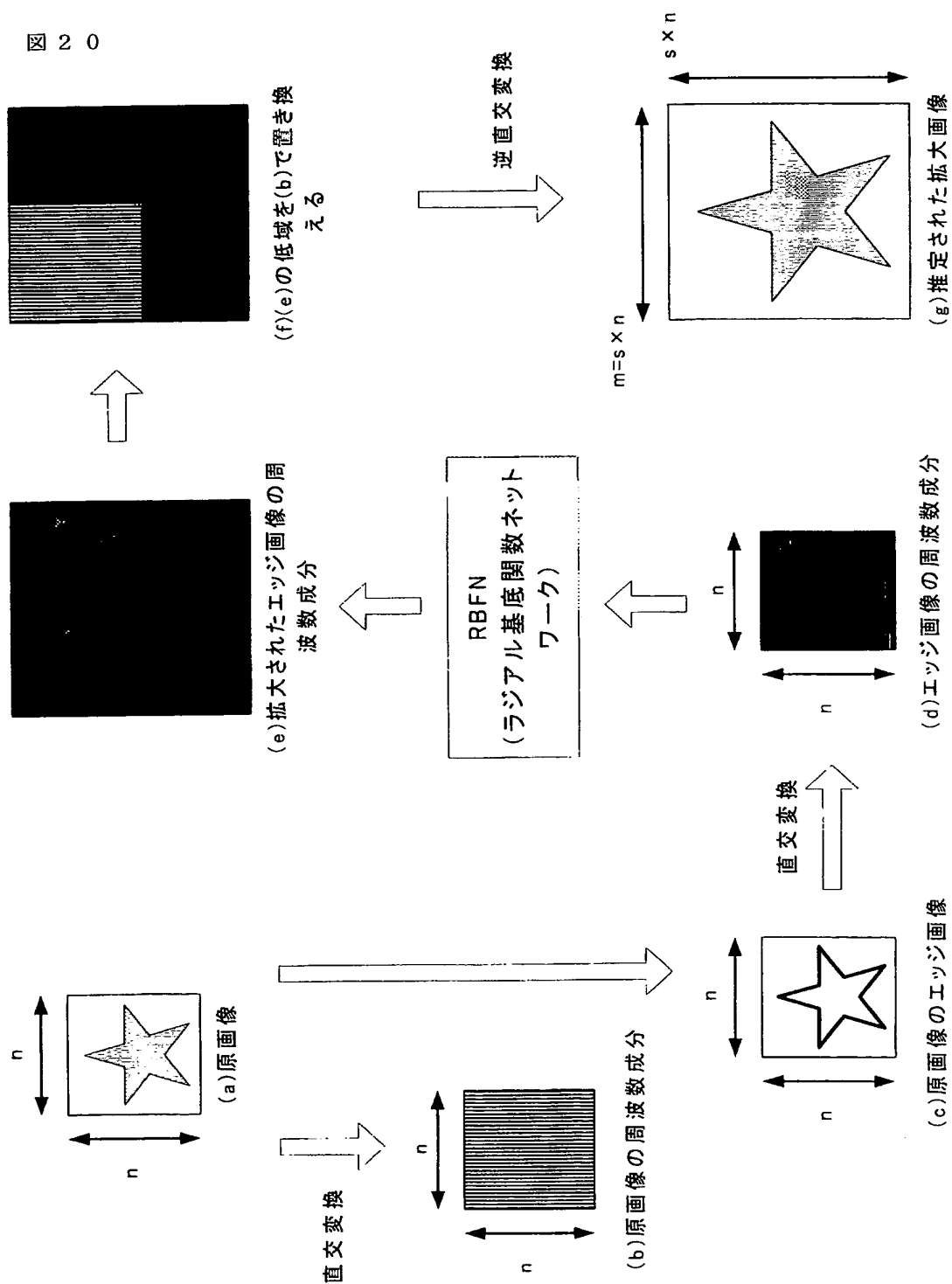


図 2 1

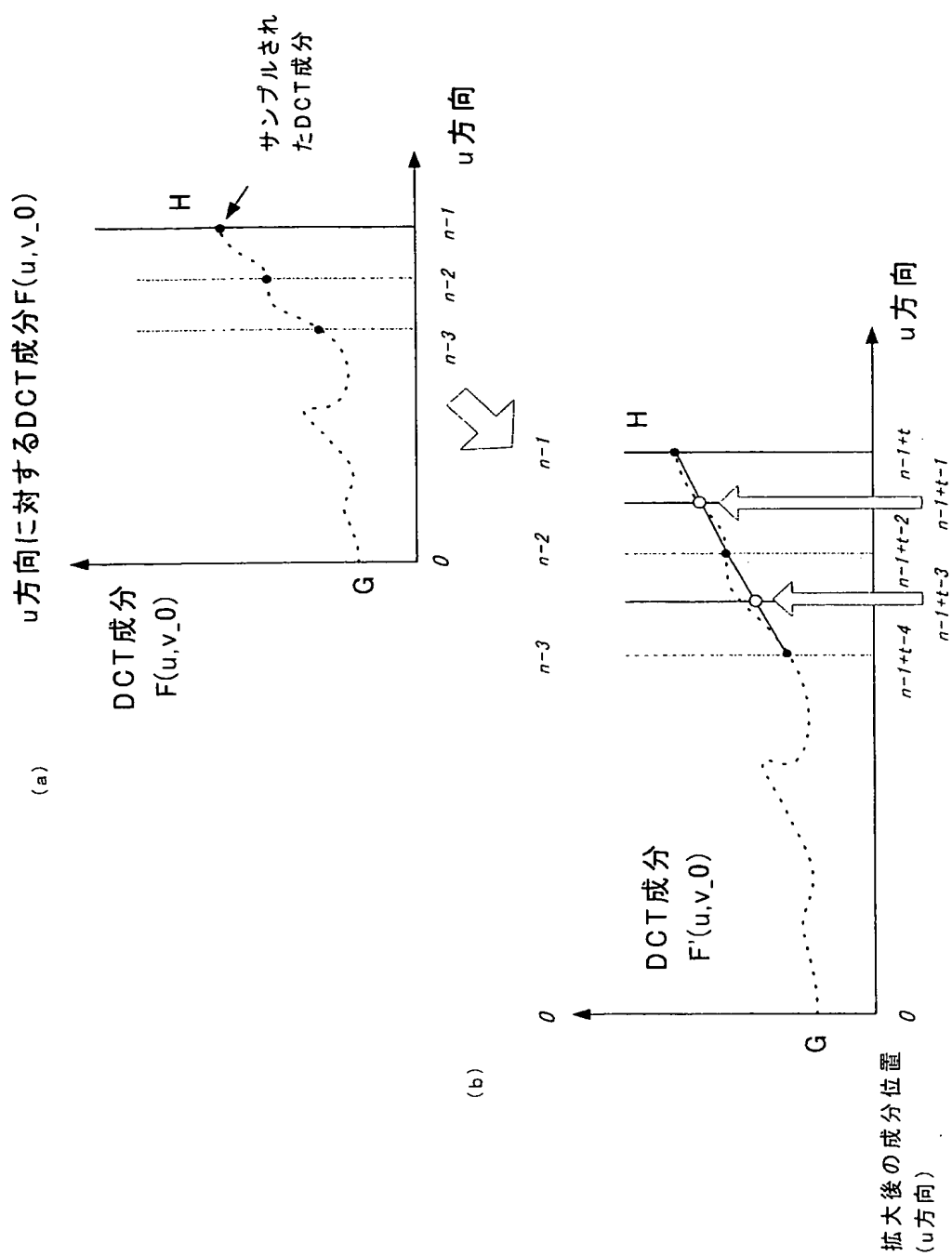


図22

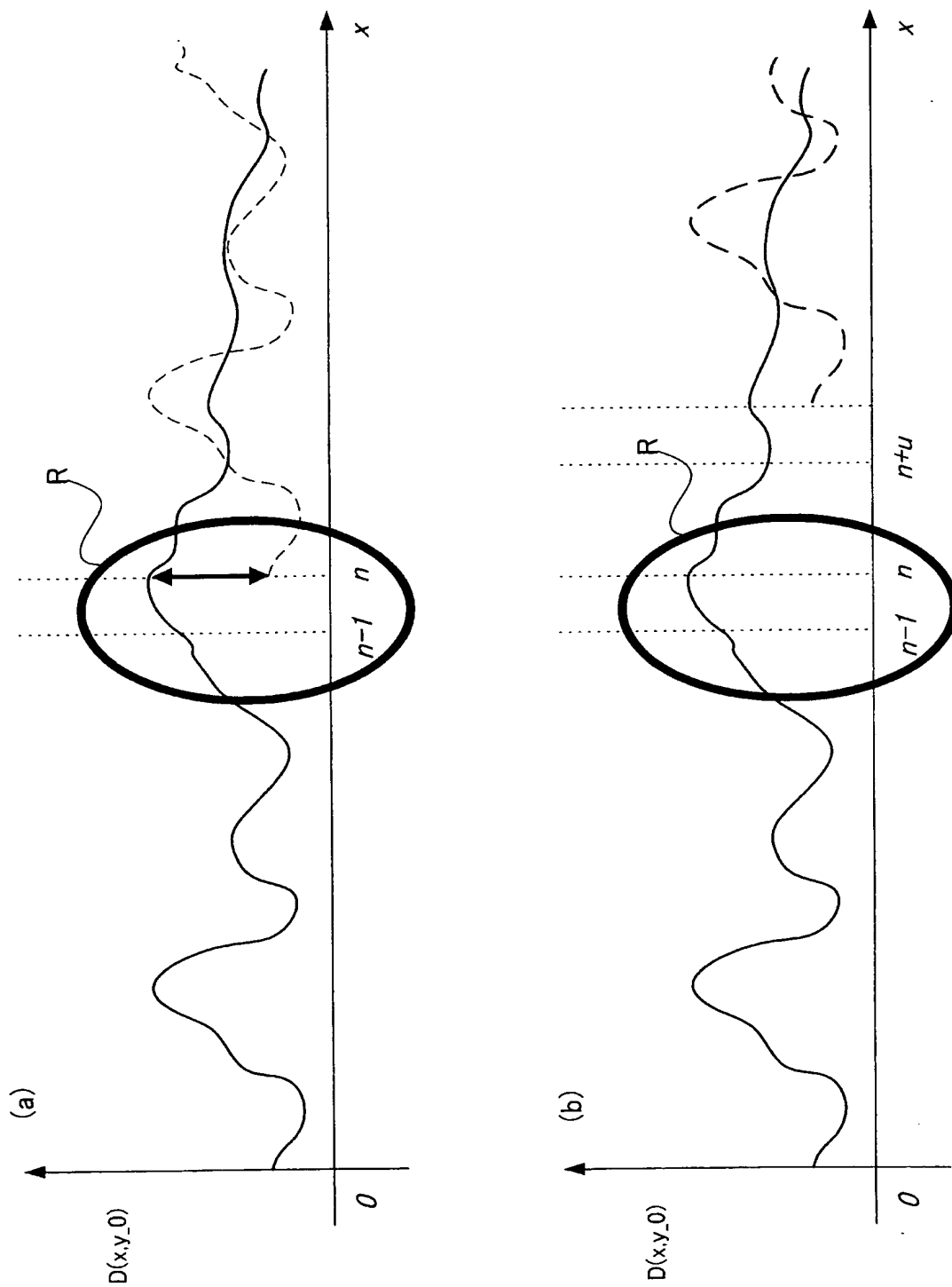


図 2 3

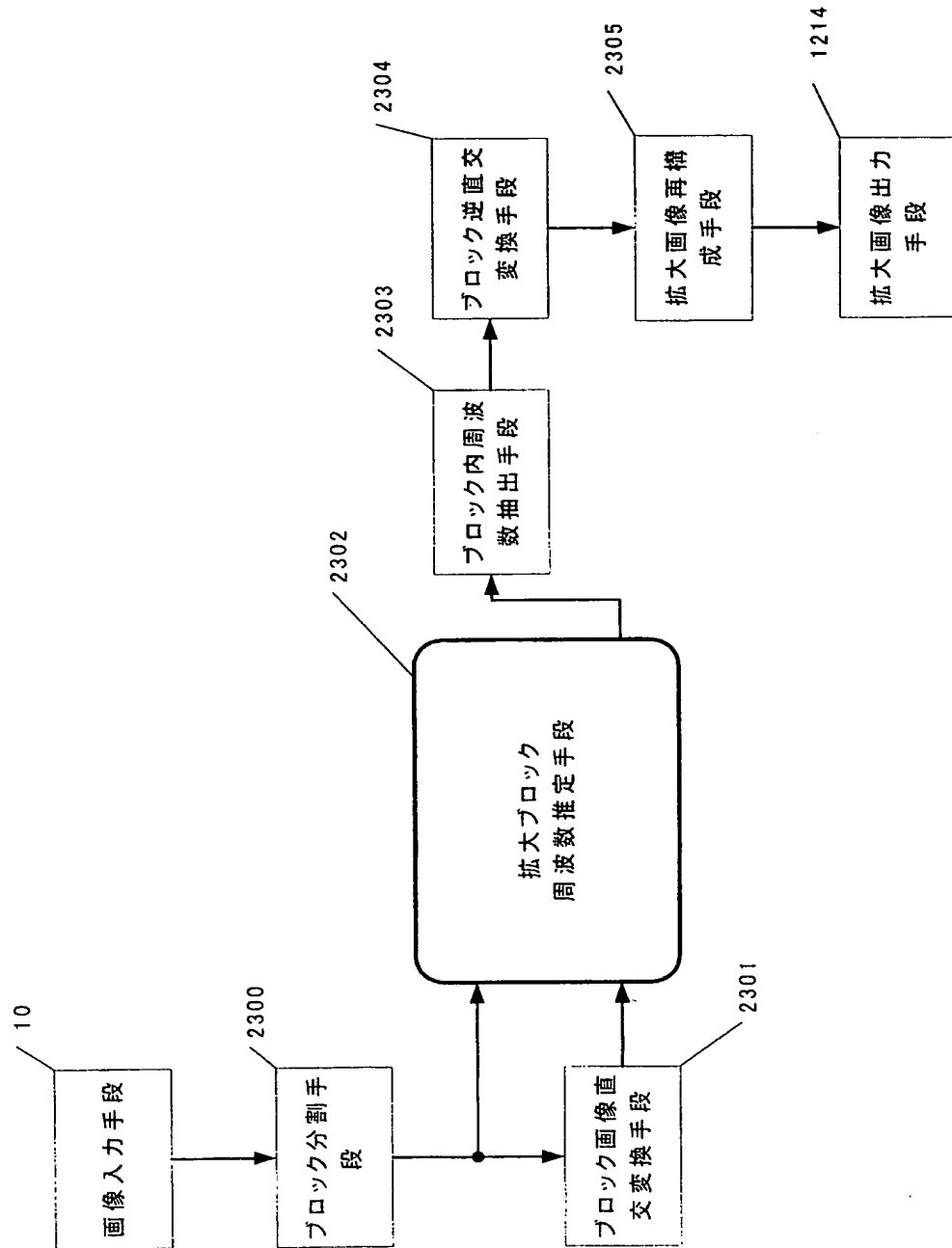


図 2 4

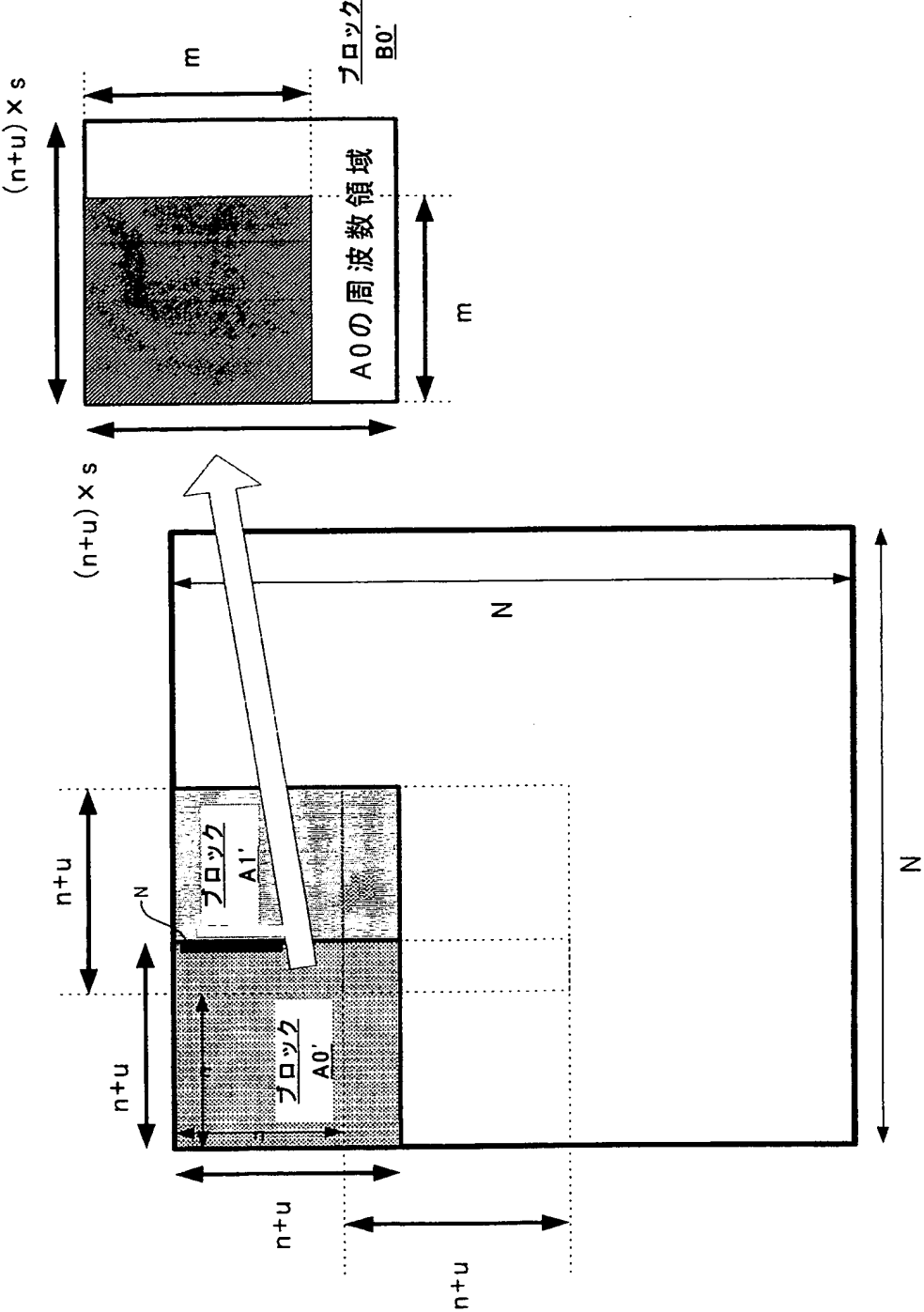


図 2 5

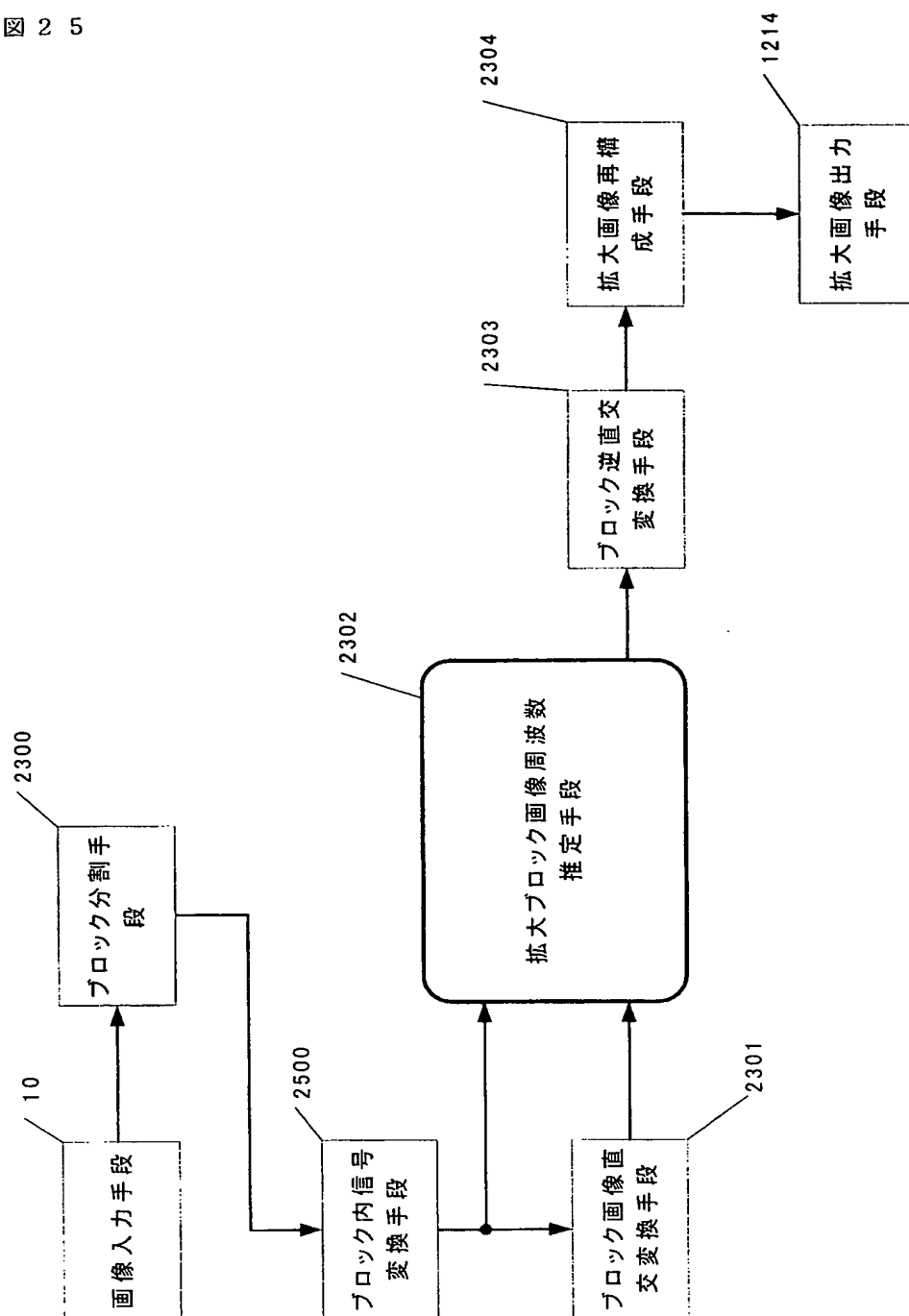


図 2 6

|     |     |     |  |
|-----|-----|-----|--|
| A 3 | ... |     |  |
| A 2 | ... |     |  |
| A 1 | ... | A i |  |
| A 0 | ... |     |  |



図 2 7

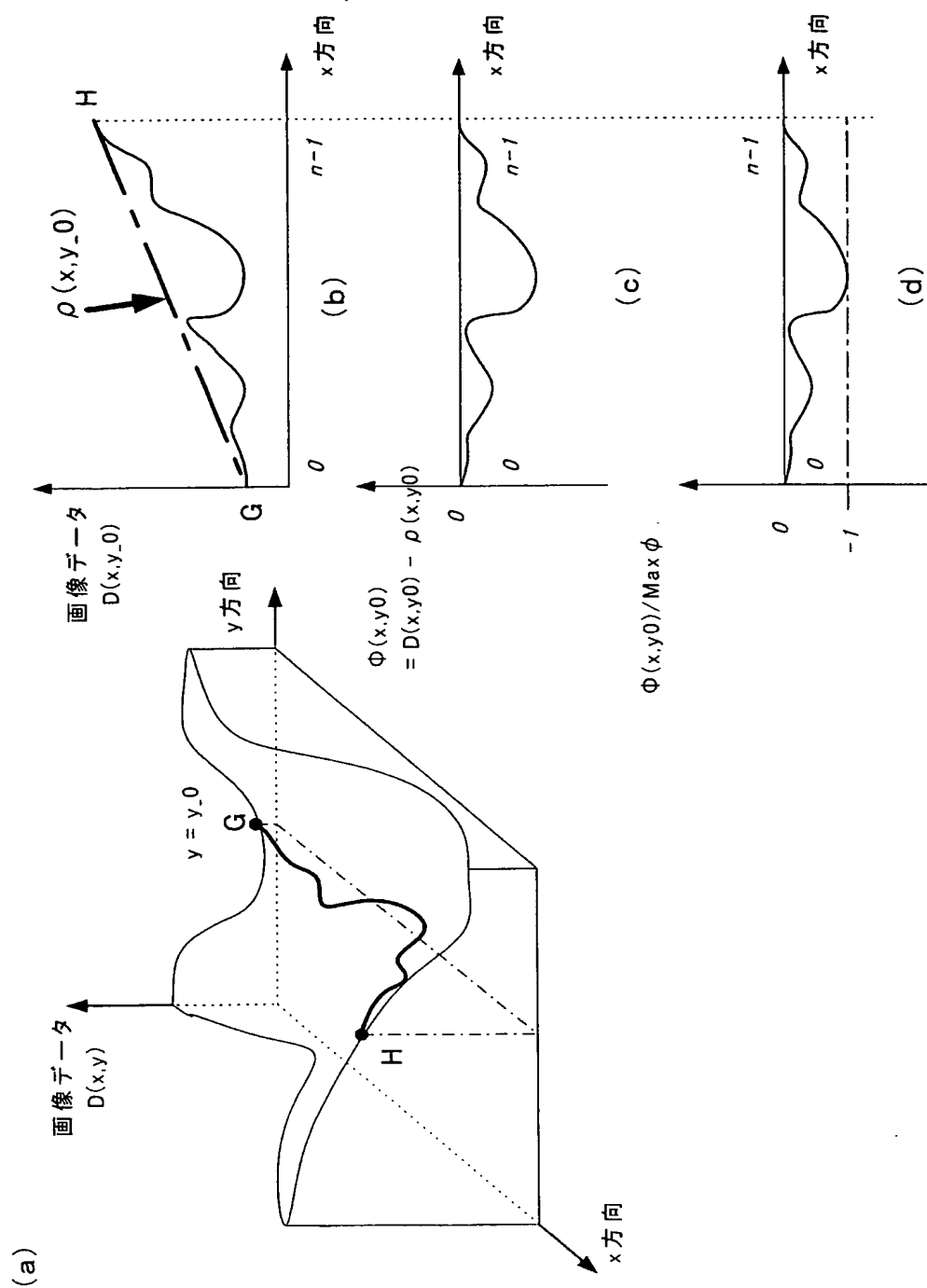


図 2 8

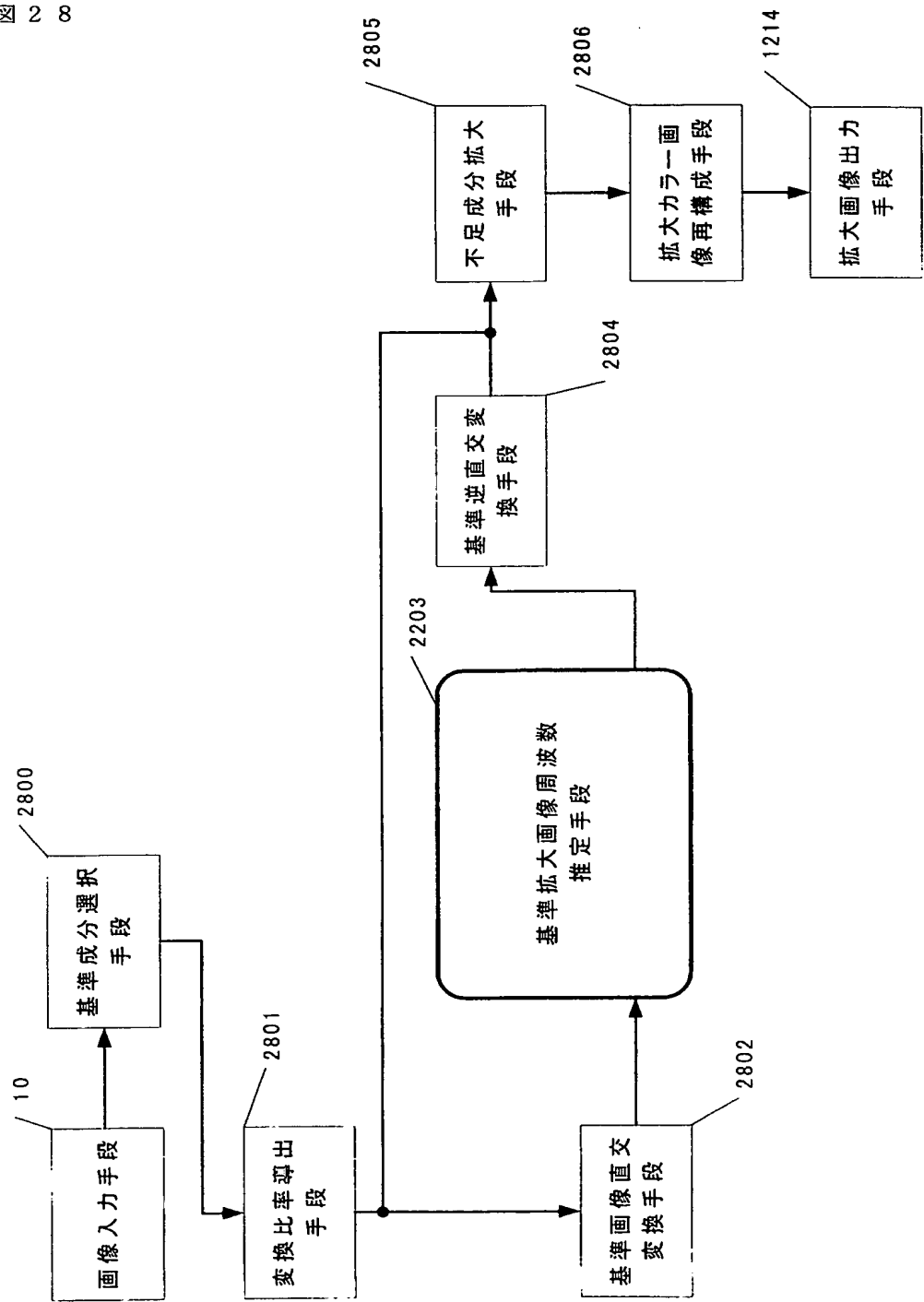


図 29

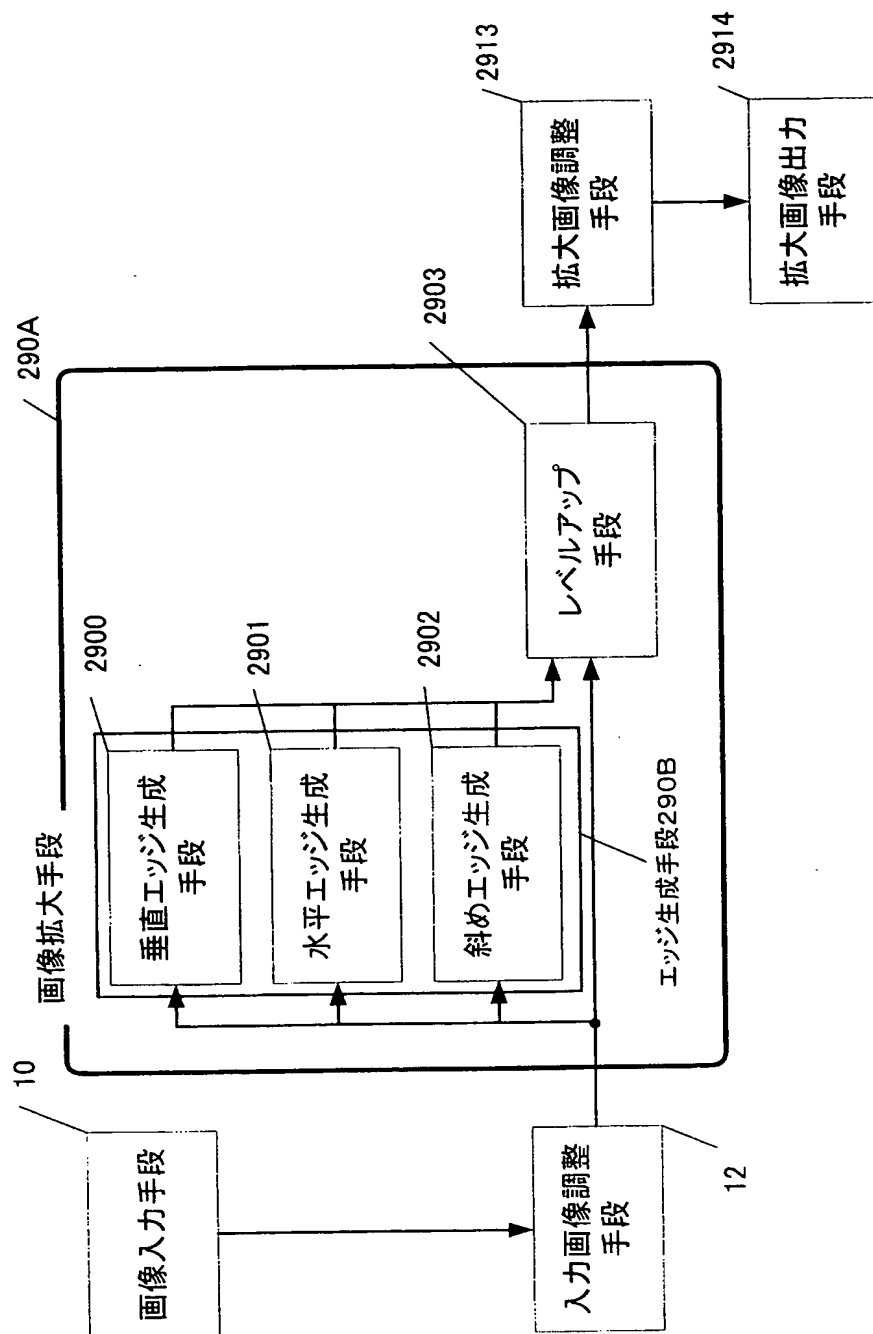


図 30

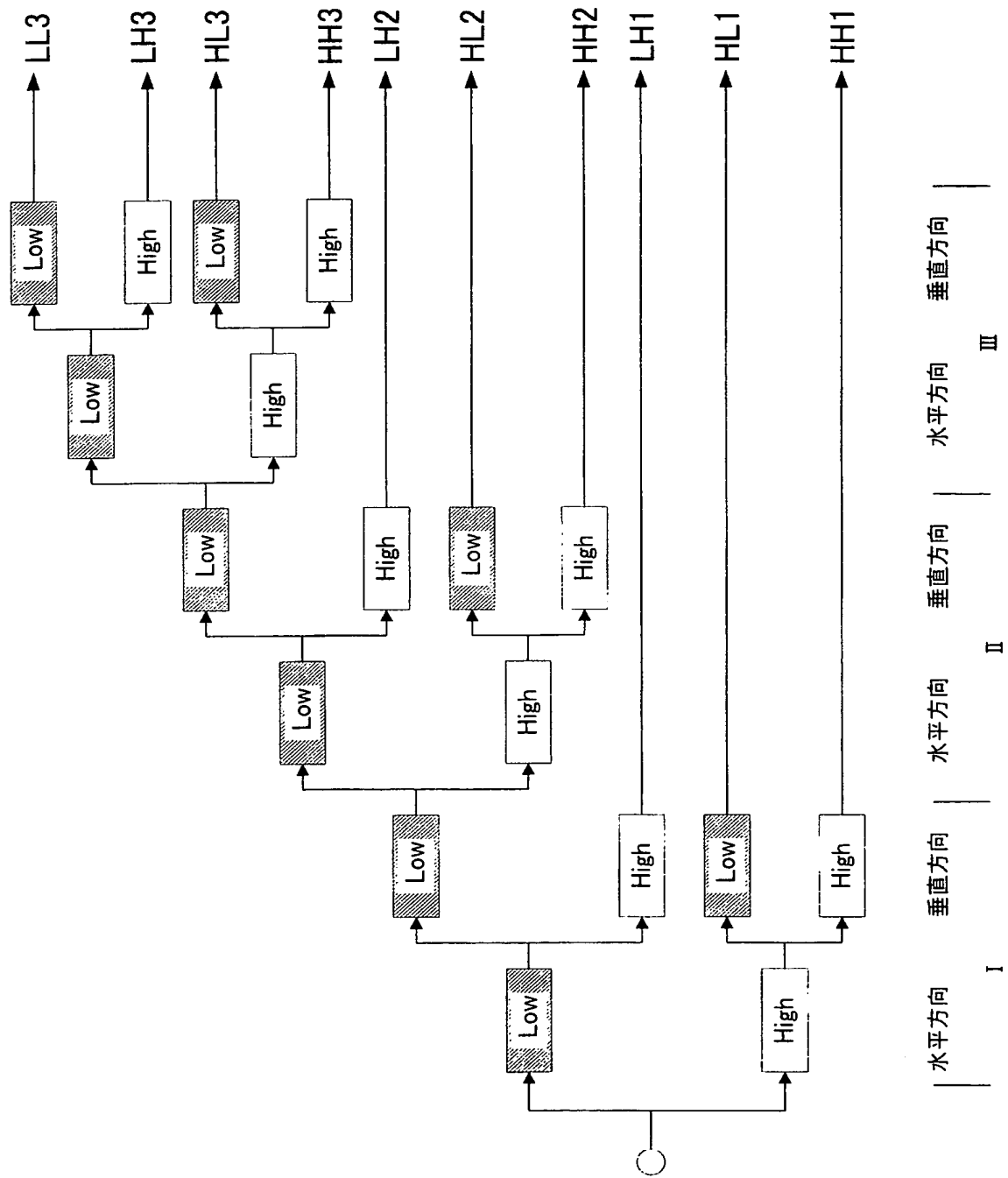


図 3 1

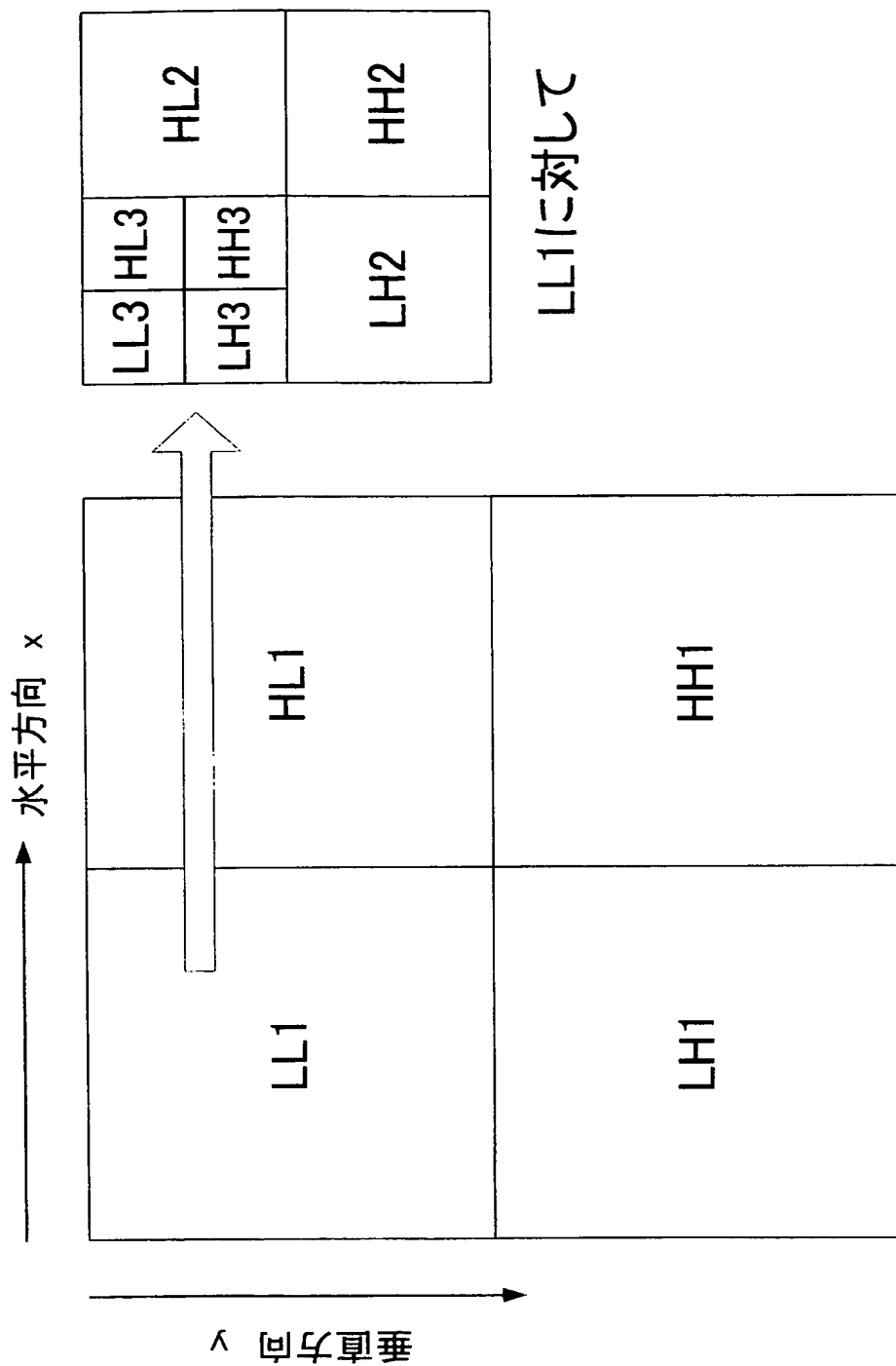


図 3 2

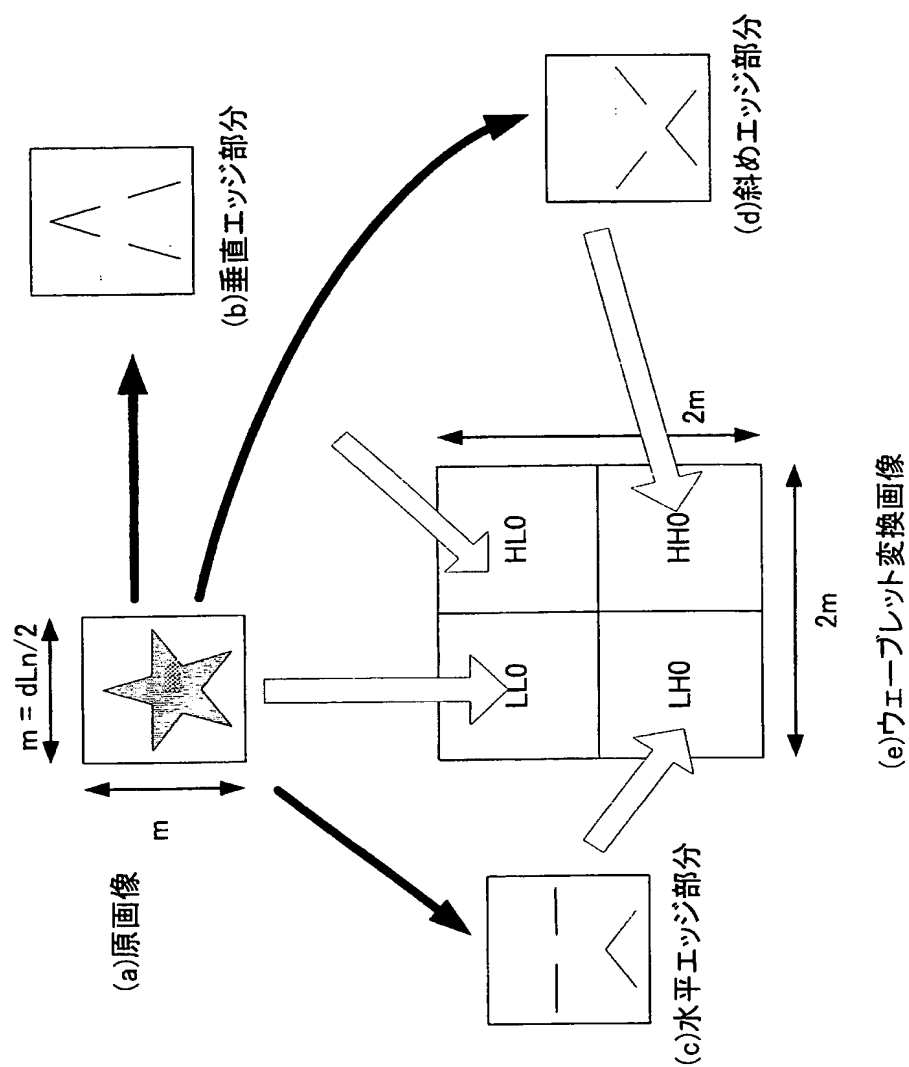


図 3 3

|    |   |   |
|----|---|---|
| -1 | 0 | 1 |
| -2 | 0 | 2 |
| -1 | 0 | 1 |

(a)水平方向のエッジを検出する  
フィルタの例

|    |    |    |
|----|----|----|
| -1 | -2 | -1 |
| 0  | 0  | 0  |
| 1  | 2  | 1  |

(b)垂直方向のエッジを検出する  
フィルタの例

|    |    |   |
|----|----|---|
| -2 | -1 | 0 |
| -1 | 0  | 1 |
| 0  | 1  | 2 |

(c)斜め方向のエッジを検出する  
フィルタの例

図 3 4

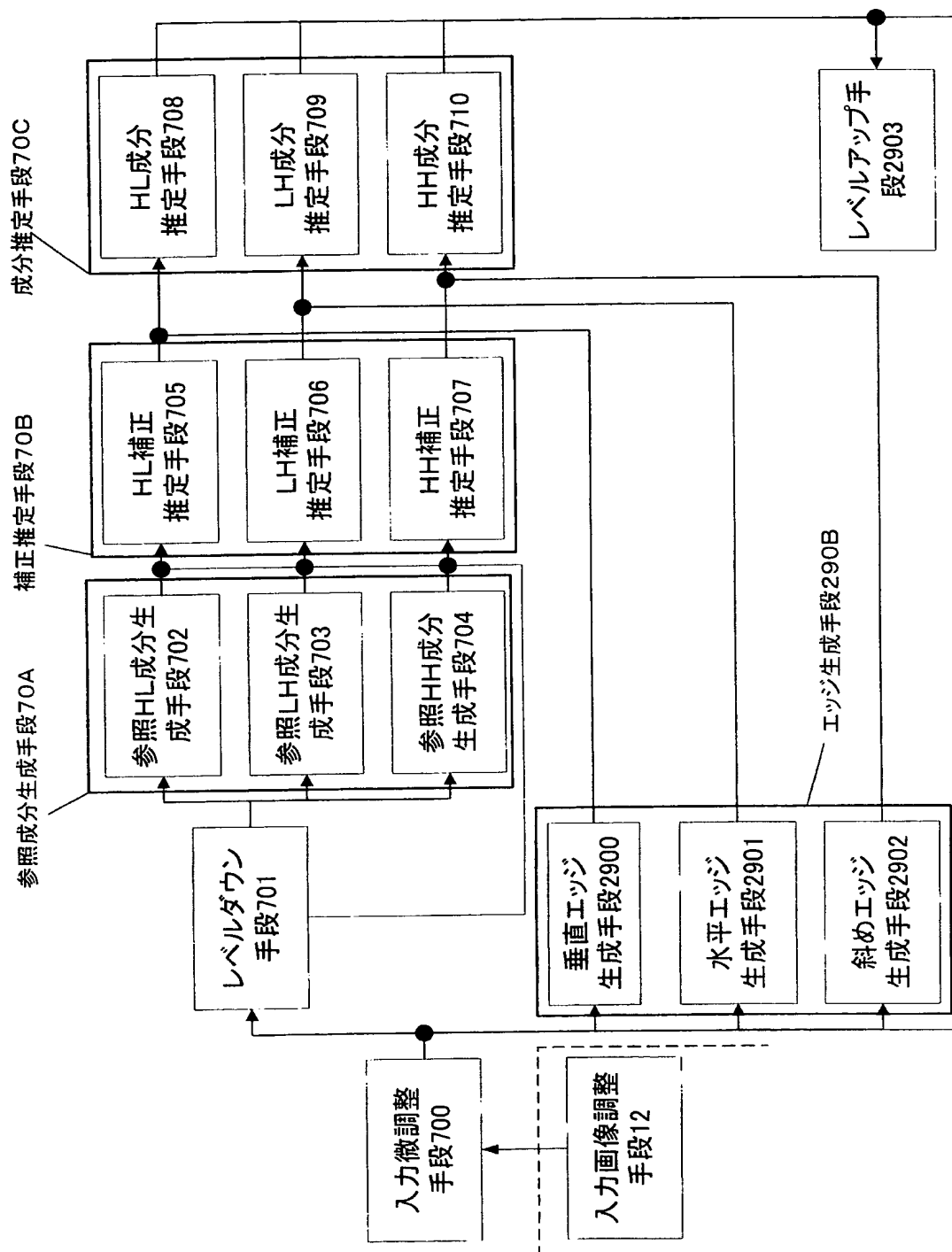




図 3 5

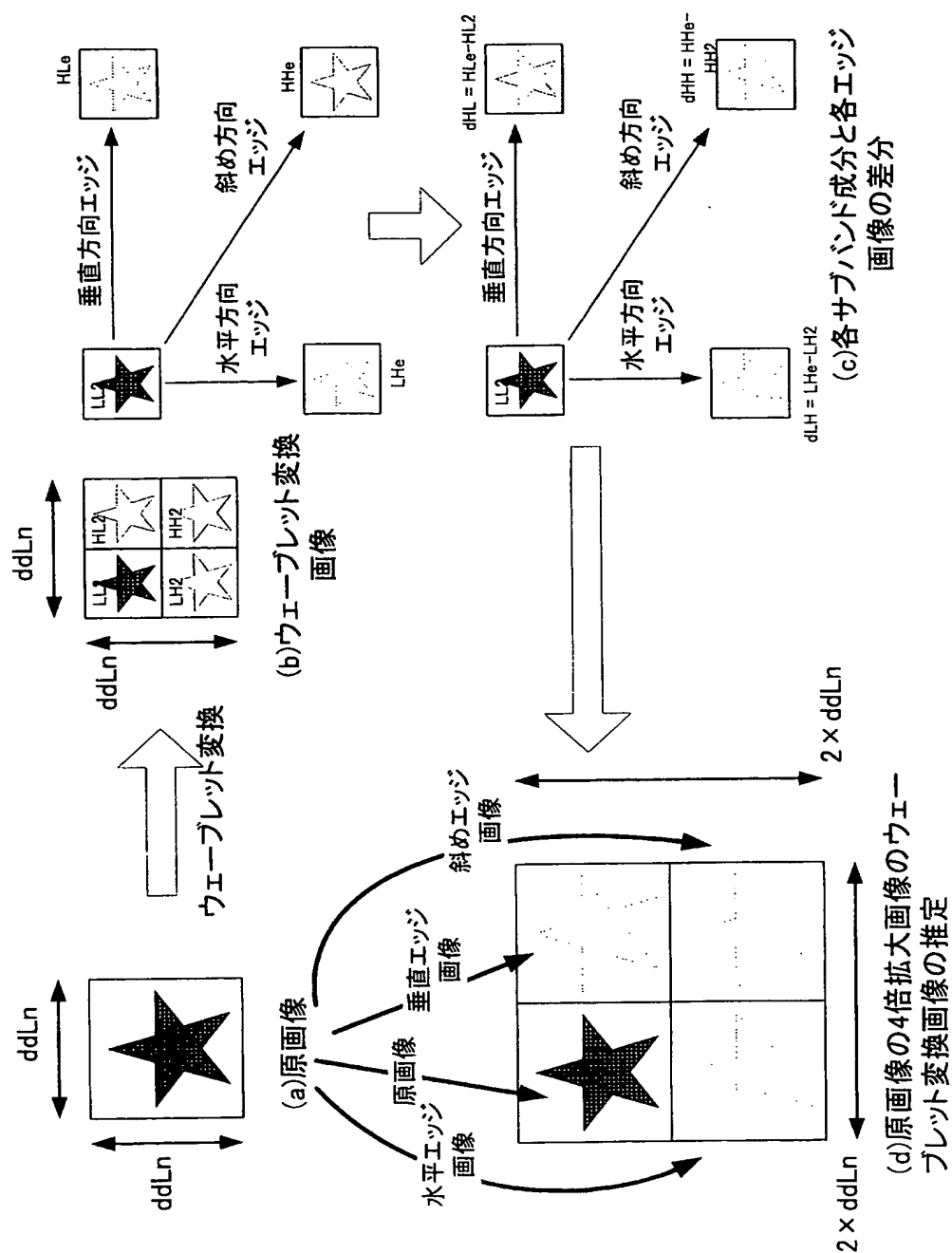


図 36

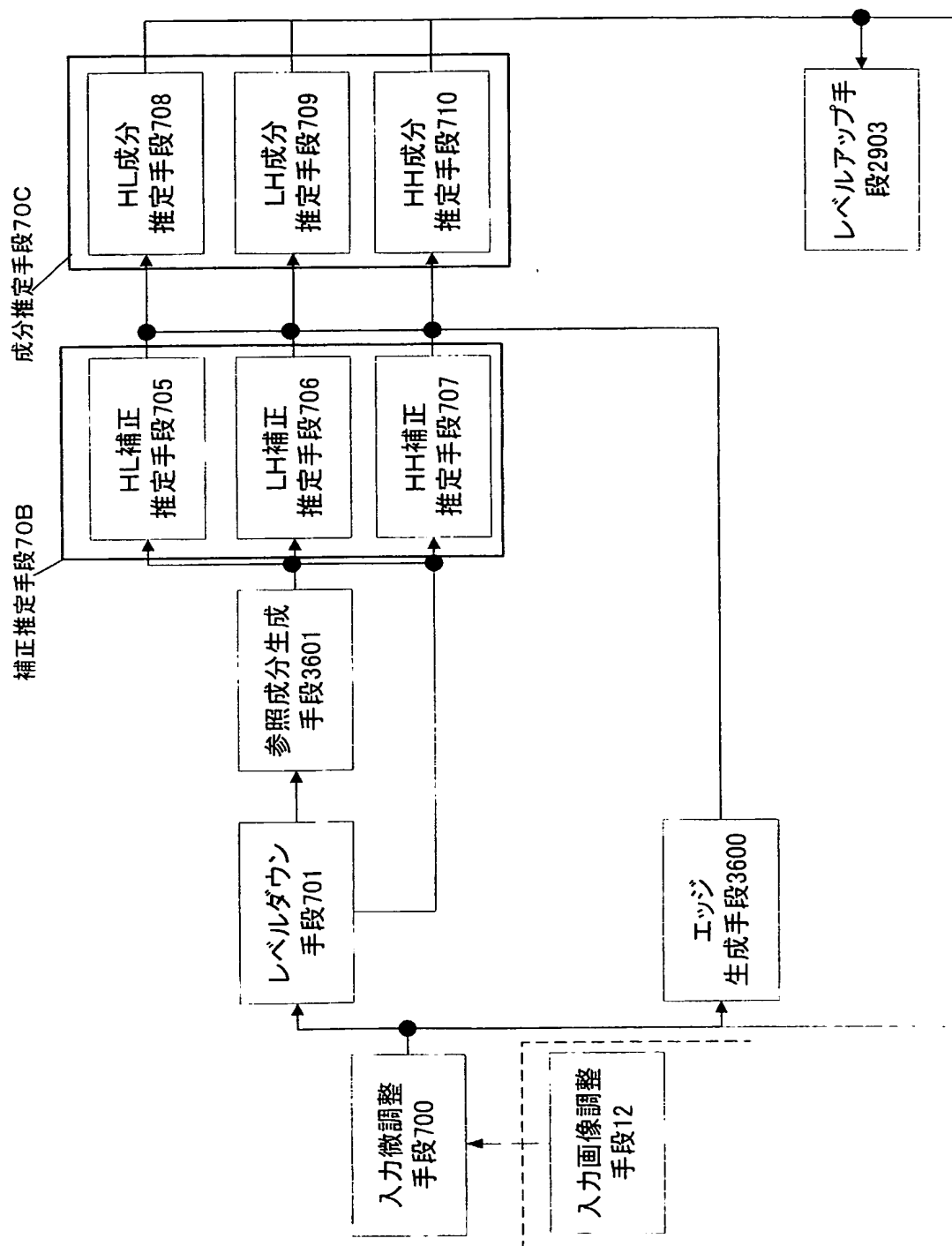


図 3 7

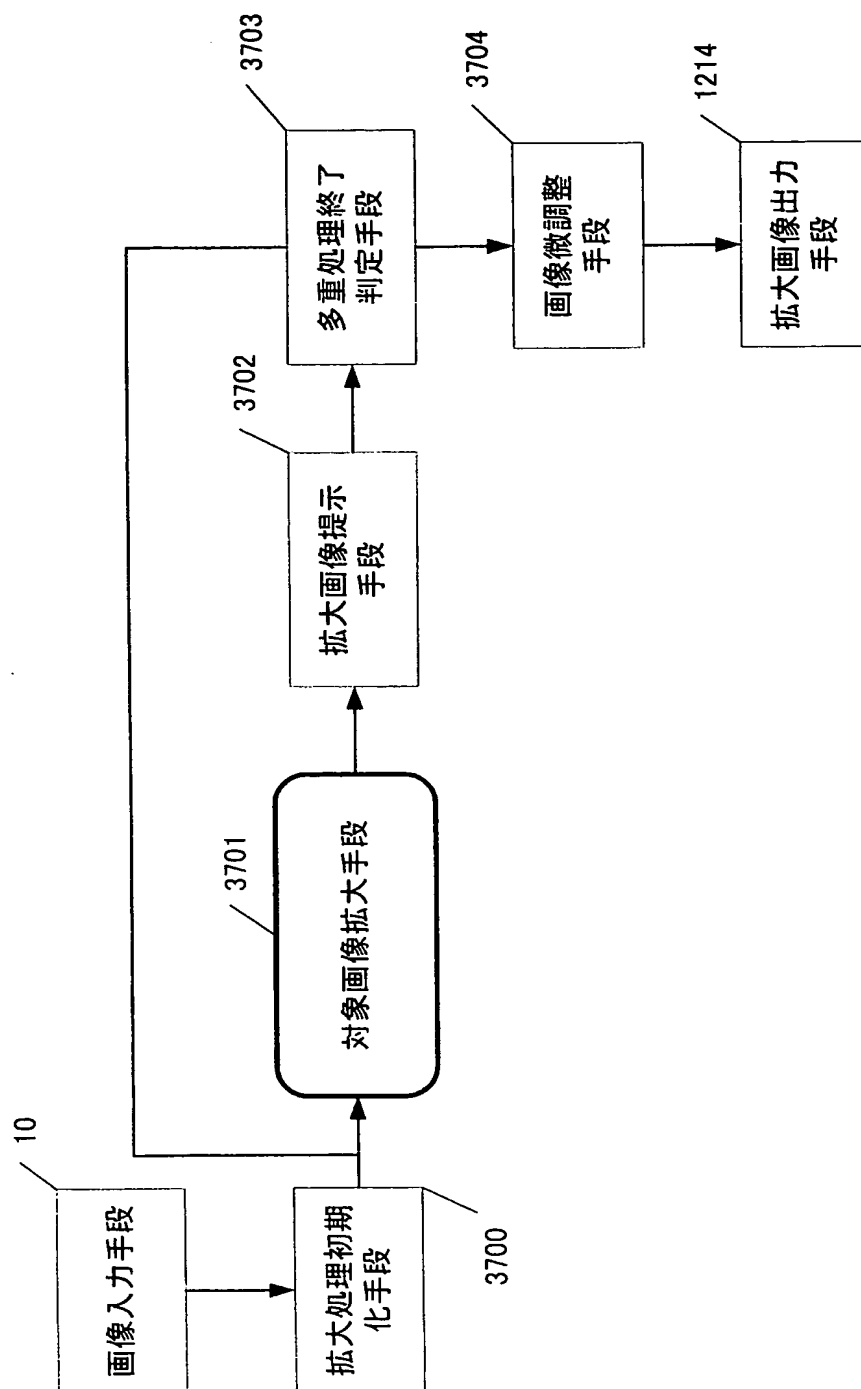


図 38

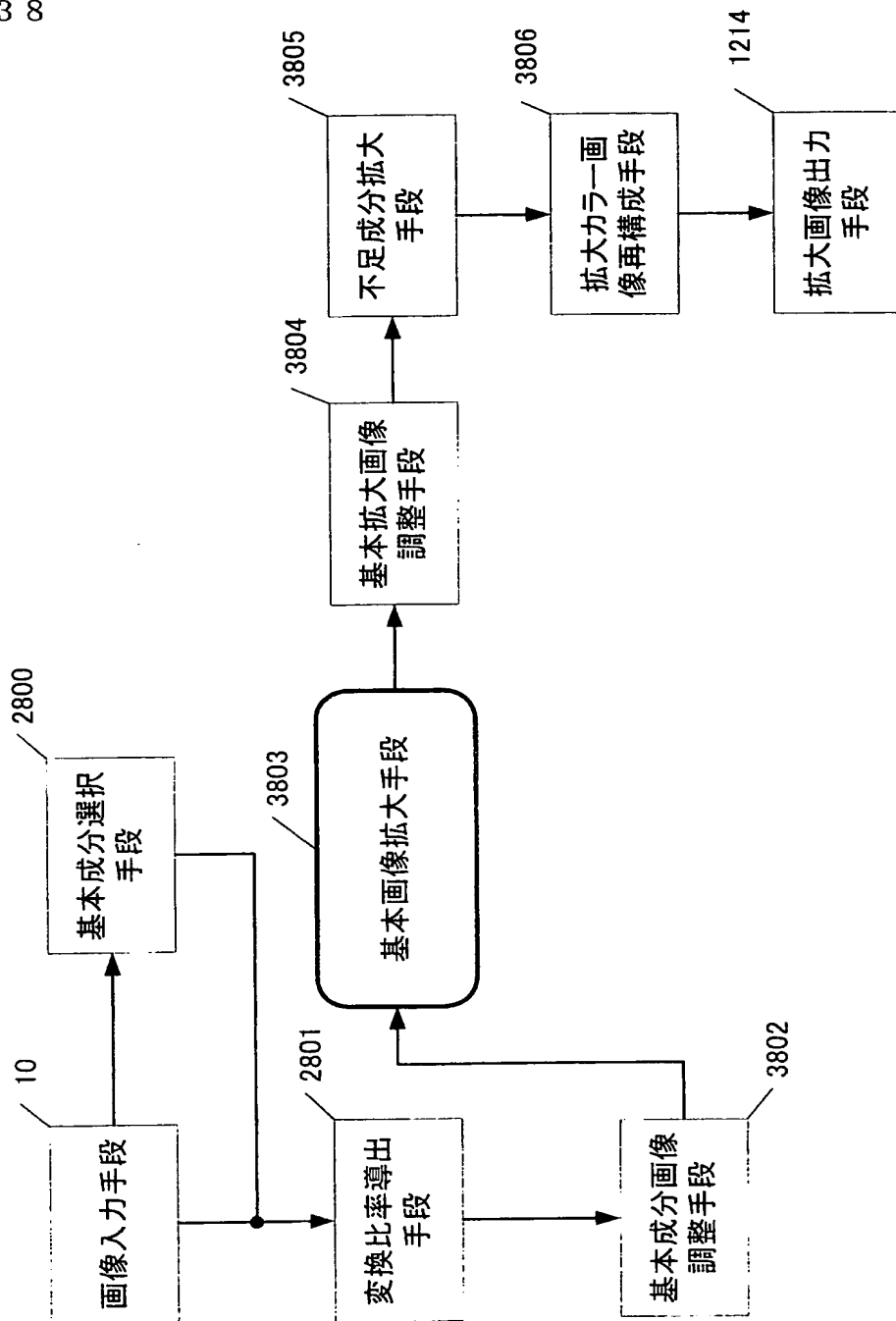


図 3 9

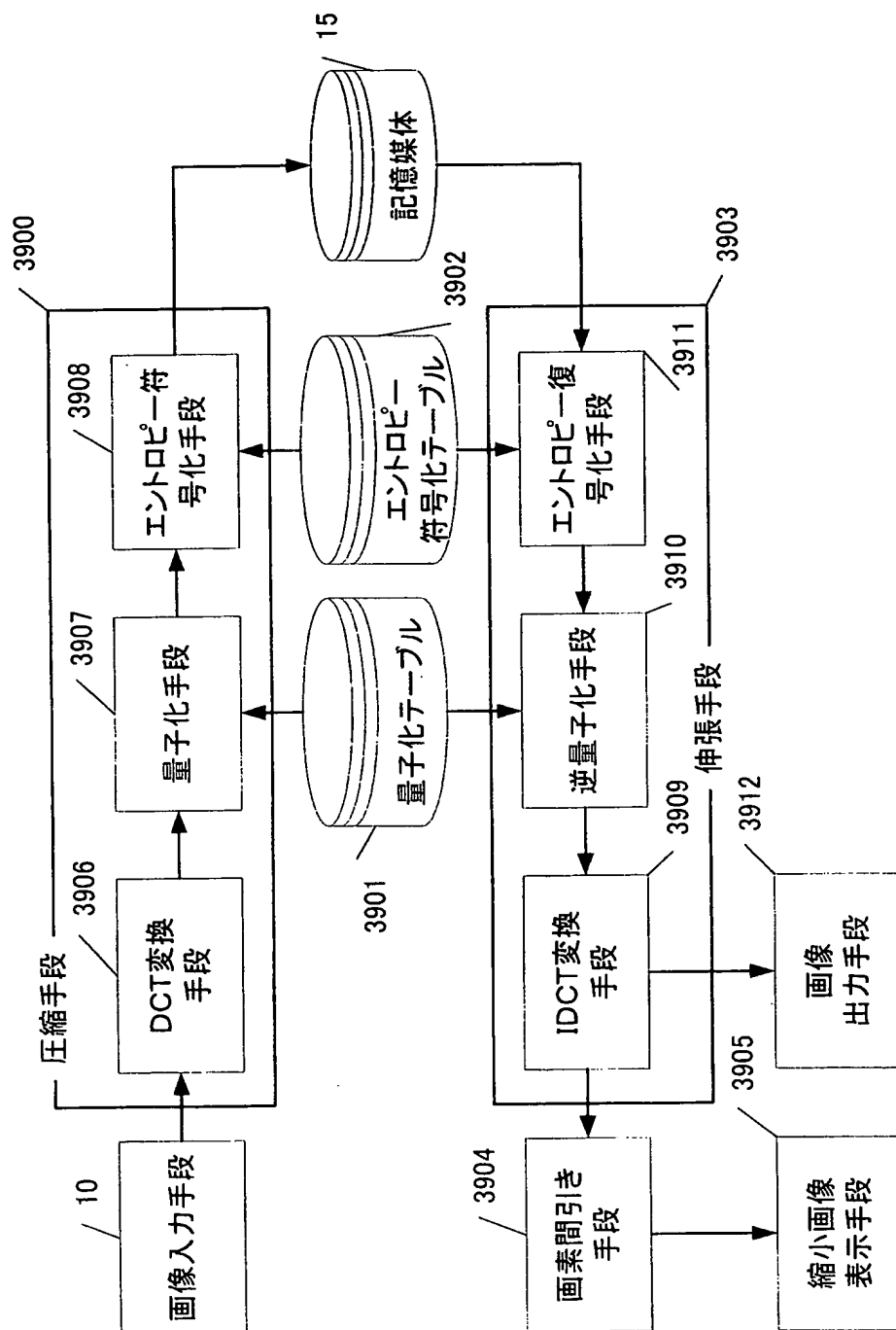


図 40

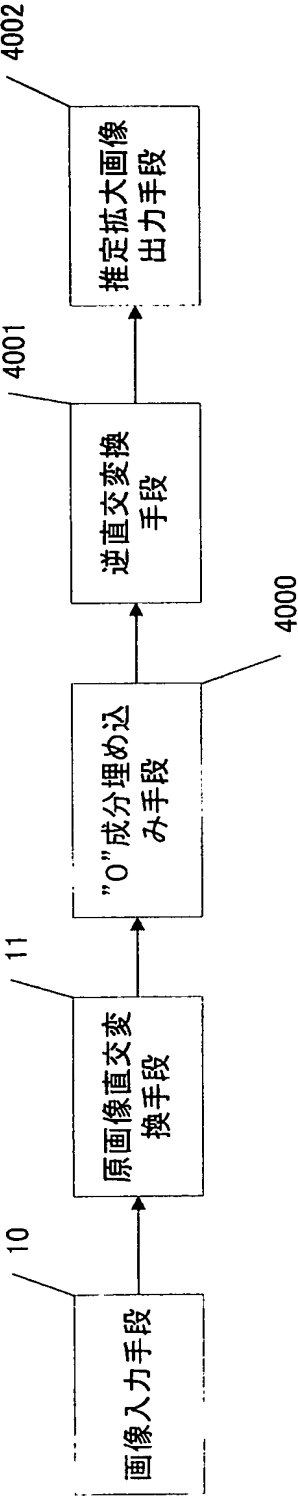


図 4 1

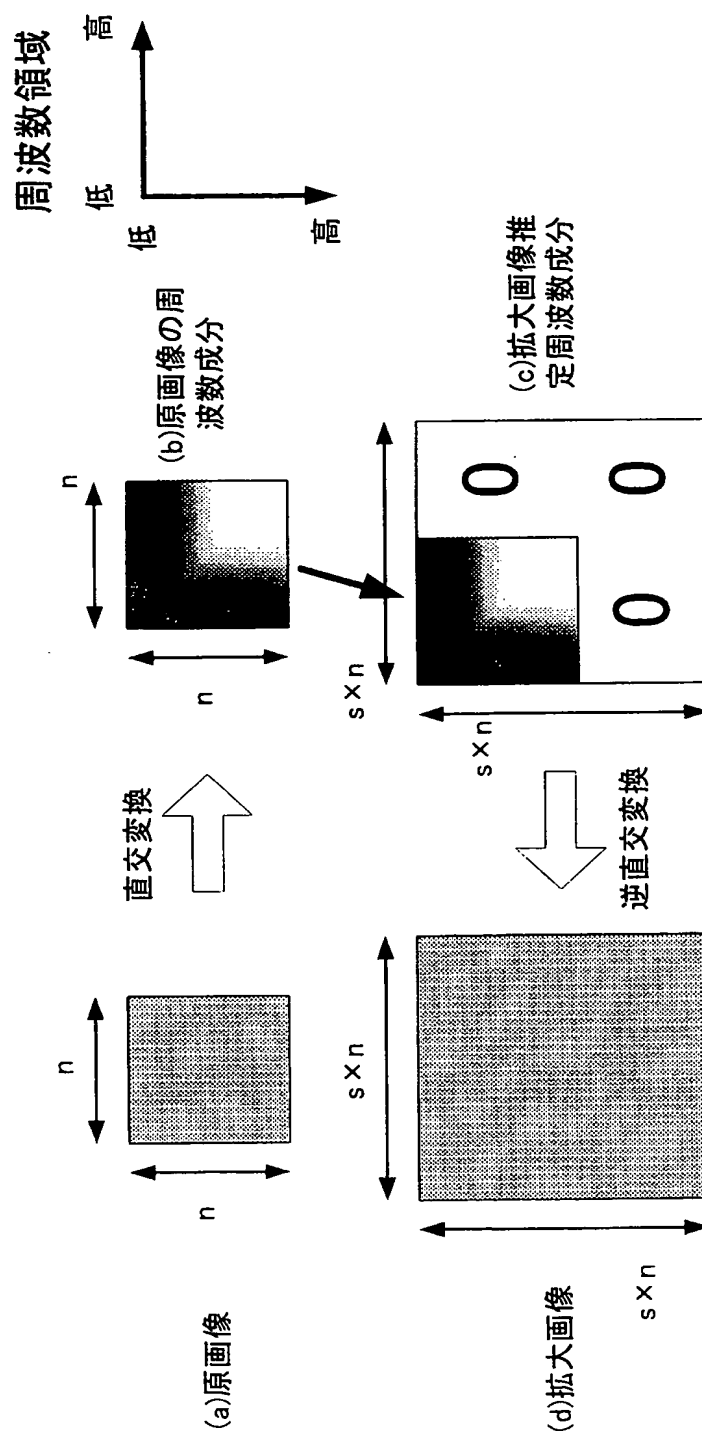


図 4 2

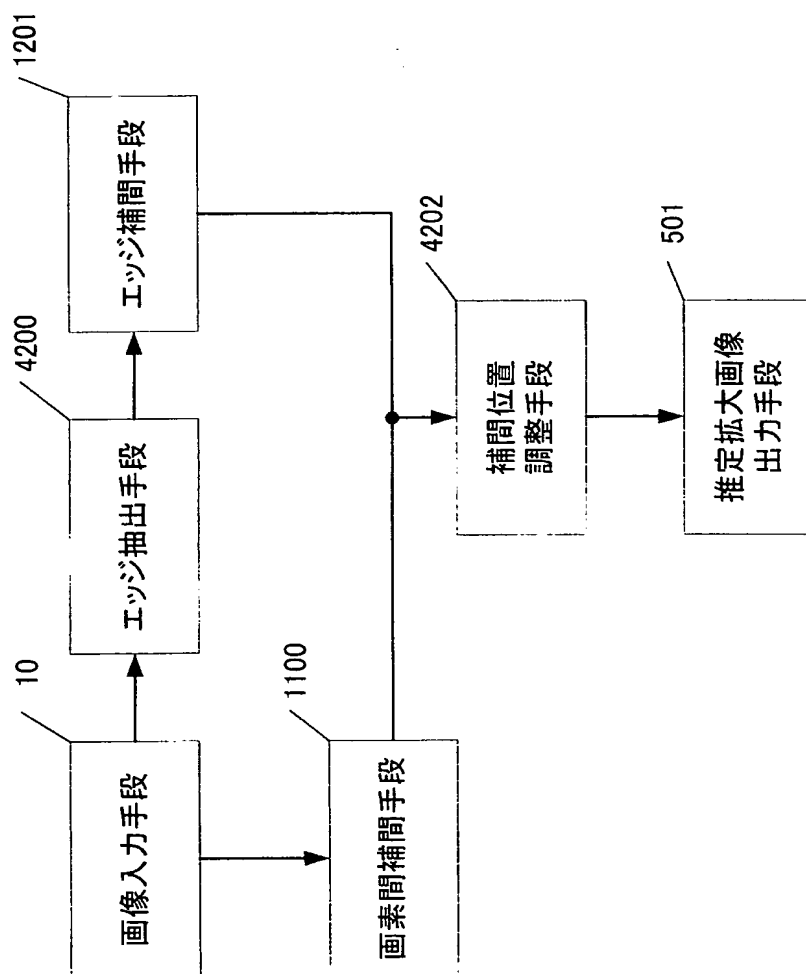
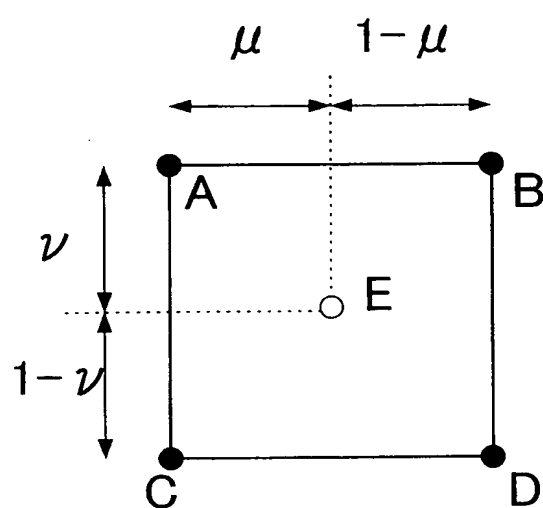




図 4 3



## 引用符号

|         |            |
|---------|------------|
| 1 0     | 画像入力手段     |
| 1 1     | 原画像直交変換手段  |
| 1 3     | 高成分符号化手段   |
| 1 4     | 符号合成手段     |
| 1 5     | 記憶媒体       |
| 1 6     | 低成分復号手段    |
| 1 7     | 高成分復号手段    |
| 1 8     | 原画像出力手段    |
| 1 0 0   | 低成分抽出手段    |
| 1 0 1   | 縮小画像生成手段   |
| 1 0 2   | 縮小画像表示手段   |
| 3 0 0   | 低成分圧縮手段    |
| 5 0 0   | 不足成分推定手段   |
| 5 0 1   | 拡大画像出力手段   |
| 8 0 0   | 拡大周波数推定手段  |
| 8 0 2   | 多重符号化手段    |
| 8 0 3   | 多重符号合成手段   |
| 8 0 4   | 基本成分復号手段   |
| 8 0 5   | 対象周波数復号手段  |
| 8 0 6   | 対象画像出力手段   |
| 8 0 7   | 基本成分抽出手段   |
| 8 0 8   | 基本画像生成手段   |
| 8 0 9   | 基本画像表示手段   |
| 1 0 0 0 | 基本成分圧縮手段   |
| 1 1 0 0 | 画素間補間手段    |
| 1 1 0 1 | 畳み込み手段     |
| 1 1 0 2 | 収束判定手段     |
| 1 2 0 A | 拡大周波数推定手段  |
| 1 2 1 3 | 逆直交変換手段    |
| 1 2 1 4 | 推定拡大画像出力手段 |
| 1 2 0 0 | 近似係数導出手段   |
| 1 2 0 1 | 非線形推定手段    |

- 1 6 0 0 エッジ生成手段
- 1 2 0 B 拡大エッジ推定手段
- 1 6 0 1 拡大エッジ近似手段
- 1 6 0 2 エッジ周波数生成手段
- 1 6 0 3 低周波成分置換手段
- 1 9 0 0 エッジ画像直交変換手段
- 1 9 0 1 エッジ周波数推定手段
- 2 3 0 0 ブロック分割手段
- 2 3 0 1 ブロック画像直交変換手段
- 2 3 0 2 拡大ブロック画像周波数推定手段
- 2 3 0 3 ブロック内周波数抽出手段
- 2 3 0 4 ブロック逆直交変換手段
- 2 3 0 5 拡大画像再構成手段
- 2 5 0 0 ブロック内データ変換手段
- 2 8 0 0 基準成分選択手段
- 2 8 0 1 変換比率導出手段
- 2 8 0 2 基準画像直交変換手段
- 2 8 0 3 基準拡大周波数推定手段
- 2 8 0 4 基準逆直交変換手段
- 2 8 0 5 不足成分拡大手段
- 2 8 0 6 拡大カラー画像再構成手段
- 1 2 入力画像調整手段
- 2 9 0 A 画像拡大手段
- 2 9 1 3 拡大画像調整手段
- 2 9 0 0 垂直エッジ生成手段
- 2 9 0 1 水平エッジ生成手段
- 2 9 0 2 斜めエッジ生成手段
- 2 9 0 3 レベルアップ手段
- 7 0 0 入力微調整手段
- 7 0 1 レベルダウン手段
- 7 0 A 参照成分生成手段
- 7 0 2 参照H L成分生成手段
- 7 0 3 参照L H成分生成手段
- 7 0 4 参照H H成分生成手段

|         |                |
|---------|----------------|
| 7 0 B   | 補正推定手段         |
| 7 0 5   | H L 補正推定手段     |
| 7 0 6   | L H 補正推定手段     |
| 7 0 7   | H H 補正推定手段     |
| 7 0 C   | 成分推定手段         |
| 7 0 8   | H L 成分推定手段     |
| 7 0 9   | L H 成分推定手段     |
| 7 1 0   | H H 成分推定手段     |
| 3 6 0 0 | エッジ生成手段        |
| 3 6 0 1 | 参照成分生成手段       |
| 3 7 0 0 | 拡大処理初期化手段      |
| 3 7 0 1 | 対象画像拡大手段       |
| 3 7 0 2 | 拡大画像提示手段       |
| 3 7 0 3 | 多重処理終了判定手段     |
| 3 7 0 4 | 画像微調整手段        |
| 3 8 0 2 | 基本成分画像調整手段     |
| 3 8 0 3 | 基本画像拡大手段       |
| 3 8 0 4 | 基本拡大画像調整手段     |
| 3 8 0 5 | 不足成分拡大手段       |
| 3 8 0 6 | 拡大カラー画像再構成手段   |
| 3 9 0 0 | 圧縮手段           |
| 3 9 0 1 | 量子化テーブル        |
| 3 9 0 2 | エントロピー符号化テーブル  |
| 3 9 0 3 | 伸張手段           |
| 3 9 0 4 | 画素間引き手段        |
| 3 9 0 5 | 縮小画像表示手段       |
| 3 9 0 6 | D C T 変換手段     |
| 3 9 0 7 | 量子化手段          |
| 3 9 0 8 | エントロピー符号化手段    |
| 3 9 0 9 | I D C T 変換手段   |
| 3 9 1 0 | 逆量子化手段         |
| 3 9 1 1 | エントロピー復号化手段    |
| 3 9 1 2 | 画像出力手段         |
| 4 0 0 0 | " 0 " 成分埋め込み手段 |

- 4 0 0 1 逆直交变换手段
- 4 0 0 2 推定拡大画像出力手段

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP00/01586

| <b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b><br>Int.Cl <sup>7</sup> H04N1/393, H04N1/41, G06T3/40   |  |  |
|---|--|--|
| According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC   |  |  |
| <b>B. FIELDS SEARCHED</b><br>Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)<br>Int.Cl <sup>7</sup> H04N1/387-1/393, H04N1/41-1/419, G06T3/40   |  |  |
| Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched<br>Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2000<br>Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2000 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2000   |  |  |
| Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)  |  |  |
| <b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>   |  |  |
| Category*   | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages                                     | Relevant to claim No.  |
| X   | JP, 10-98611, A (NEC Corporation),<br>14 April, 1998 (14.04.98),<br>Full text; Figs. 1 to 8 (Family: none)             | 23, 29, 30, 32, 37<br>, 38, 40, 44, 45   |
| X   | JP, 7-129759, A (Canon Inc.),<br>19 May, 1995 (19.05.95),<br>Full text; Figs. 1 to 24<br>& US, 5911007, A              | 23, 29, 30, 32, 37<br>, 38, 40, 44, 45   |
| X   | JP, 8-315129, A (Sharp Corporation),<br>29 November, 1996 (29.11.96),<br>Full text; Figs. 1 to 8 (Family: none)        | 23, 29, 30, 32, 37<br>, 38, 40, 44, 45   |
| X   | JP, 4-229382, A (Ricoh Company, Ltd.),<br>18 August, 1992 (18.08.92),<br>Full text; Figs. 1 to 11 (Family: none)       | 23, 29, 30, 32, 37<br>, 38, 40, 44, 45   |
| X   | JP, 8-294001, A (SEIKO EPSON CORPORATION),<br>05 November, 1996 (05.11.96),<br>Full text; Figs. 1 to 19 (Family: none) | 23, 32, 40   |
| X   | JP, 4-333989, A (Mitsubishi Electric Corporation),   | 23, 32, 40   |
| <input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/> See patent family annex.  |  |  |
| * Special categories of cited documents:<br>"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance<br>"E" earlier document but published on or after the international filing date<br>"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)<br>"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means<br>"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed<br>"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention<br>"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone<br>"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art<br>"&" document member of the same patent family |  |  |
| Date of the actual completion of the international search<br>13 June, 2000 (13.06.00)   |  | Date of mailing of the international search report<br>27 June, 2000 (27.06.00) |
| Name and mailing address of the ISA/<br>Japanese Patent Office  |  | Authorized officer   |
| Facsimile No.   |  | Telephone No.  |

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP00/01586

## C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages   | Relevant to claim No. |
|-----------|--|-----------------------|
|           | 20 November, 1992 (20.11.92),<br>Full text; Figs. 1 to 10 (Family: none)   |                       |
| X         | JP, 3-204268, A (Dainippon Printing Co., Ltd.),<br>05 September, 1991 (05.09.91),<br>Full text; Figs. 1 to 20 (Family: none) | 23, 32, 40            |
| X         | JP, 7-152907, A (NEC Corporation),<br>16 June, 1995 (16.06.95),<br>Full text; Figs. 1 to 13 (Family: none)                   | 46, 47, 55-58         |
| X         | JP, 10-31737, A (Fuji Photo Film Co., Ltd.),<br>03 February, 1998 (03.02.98),<br>Full text; Figs. 1 to 4 (Family: none)      | 46, 47, 55-58         |
| P, X      | JP, 11-284840, A (Ricoh Company, Ltd.),<br>15 October, 1999 (15.10.99),<br>Full text; Figs. 1 to 12 (Family: none)           | 46, 47, 55-58         |
| A         | JP, 7-203439, A (NEC Corporation),<br>04 August, 1995 (04.08.95),<br>Full text; Figs. 1 to 3 (Family: none)                  | 1-58                  |
| A         | JP, 6-98175, A (Sanyo Electric Co., Ltd.),<br>08 April, 1994 (08.04.94),<br>Full text; Figs. 1 to 3                          | 1-58                  |

|  |  |  |  |
|--|--|--|--|
| 国際調査報告   |  | 国際出願番号 PCT/JPO0/01586                                  |  |
| A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))  |  |  |  |
| Int. Cl <sup>7</sup> H04N1/393, H04N1/41, G06T3/40   |  |  |  |
| B. 調査を行った分野  |  |  |  |
| 調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))   |  |  |  |
| Int. Cl <sup>7</sup> H04N1/387-1/393, H04N1/41-1/419, G06T3/40   |  |  |  |
| 最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの   |  |  |  |
| 日本国実用新案公報 1922-1996年<br>日本国公開実用新案公報 1971-2000年<br>日本国登録実用新案公報 1994-2000年<br>日本国実用新案登録公報 1996-2000年   |  |  |  |
| 国際調査で利用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)  |  |  |  |
| C. 関連すると認められる文献  |  |  |  |
| 引用文献の<br>カテゴリー*  | 引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示  | 関連する<br>請求の範囲の番号                                       |  |
| X  | J P, 10-98611, A (日本電気株式会社)<br>14. 4月. 1998 (14. 04. 98)<br>全文, 第1-8図 (ファミリーなし)            | 23, 29, 30, 32,<br>37, 38, 40, 44,<br>45               |  |
| X  | J P, 7-129759, A (キャノン株式会社)<br>19. 5月. 1995 (19. 05. 95)<br>全文, 第1-24図<br>& US, 5911007, A | 23, 29, 30, 32,<br>37, 38, 40, 44,<br>45               |  |
| X  | J P, 8-315129, A (シャープ株式会社)<br>29. 11月. 1996 (29. 11. 96)<br>全文, 第1-8図 (ファミリーなし)           | 23, 29, 30, 32,<br>37, 38, 40, 44,<br>45               |  |
| <input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。  |  |  |  |
| * 引用文献のカテゴリー<br>「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの<br>「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの<br>「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)<br>「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献<br>「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願        |  |  |  |
| の日の後に公表された文献<br>「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの<br>「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの<br>「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの<br>「&」 同一パテントファミリー文献 |  |  |  |
| 国際調査を完了した日<br>13. 06. 00   |  | 国際調査報告の発送日<br>27.06.00                                 |  |
| 国際調査機関の名称及びあて先<br>日本国特許庁 (ISA/J P)<br>郵便番号100-8915<br>東京都千代田区霞が関三丁目4番3号  |  | 特許庁審査官 (権限のある職員)<br>橋爪 正樹<br>電話番号 03-3581-1101 内線 3571 |  |



| C (続き). 関連すると認められる文献 |  |  |
|----------------------|--|--|
| 引用文献の<br>カテゴリー*      | 引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示  | 関連する<br>請求の範囲の番号                         |
| X                    | J P, 4-229382, A (株式会社リコー)<br>18. 8月. 1992 (18. 08. 92)<br>全文, 第1-11図 (ファミリーなし)      | 23, 29, 30, 32,<br>37, 38, 40, 44,<br>45 |
| X                    | J P, 8-294001, A (セイコーエプソン株式会社)<br>5. 11月. 1996 (05. 11. 96)<br>全文, 第1-19図 (ファミリーなし) | 23, 32, 40                               |
| X                    | J P, 4-333989, A (三菱電機株式会社)<br>20. 11月. 1992 (20. 11. 92)<br>全文, 第1-10図 (ファミリーなし)    | 23, 32, 40                               |
| X                    | J P, 3-204268, A (大日本印刷株式会社)<br>5. 9月. 1991 (05. 09. 91)<br>全文, 第1-20図 (ファミリーなし)     | 23, 32, 40                               |
| X                    | J P, 7-152907, A (日本電気株式会社)<br>16. 6月. 1995 (16. 06. 95)<br>全文, 第1-13図 (ファミリーなし)     | 46, 47, 55-58                            |
| X                    | J P, 10-31737, A (富士写真フイルム株式会社)<br>3. 2月. 1998 (03. 02. 98)<br>全文, 第1-4図 (ファミリーなし)   | 46, 47, 55-58                            |
| P, X                 | J P, 11-284840, A (株式会社リコー)<br>15. 10月. 1999 (15. 10. 99)<br>全文, 第1-12図 (ファミリーなし)    | 46, 47, 55-58                            |
| A                    | J P, 7-203439, A (日本電気株式会社)<br>4. 8月. 1995 (04. 08. 95)<br>全文, 第1-3図 (ファミリーなし)       | 1-58                                     |
| A                    | J P, 6-98175, A (三洋電機株式会社)<br>8. 4月. 1994 (08. 04. 94)<br>全文, 第1-3図 (ファミリーなし)        | 1-58                                     |

This Page Blank (uspi

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant:

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

☒ BLACK BORDERS

☒ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES

☒ FADED TEXT OR DRAWING

☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING

☐ SKEWED/SLANTED IMAGES

☒ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS

☐ GRAY SCALE DOCUMENTS

☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT

☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY

☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**

**This Page Blank (uspto)**